

Rare.
Clostx.
530
M991

مبادئ الطبيعة

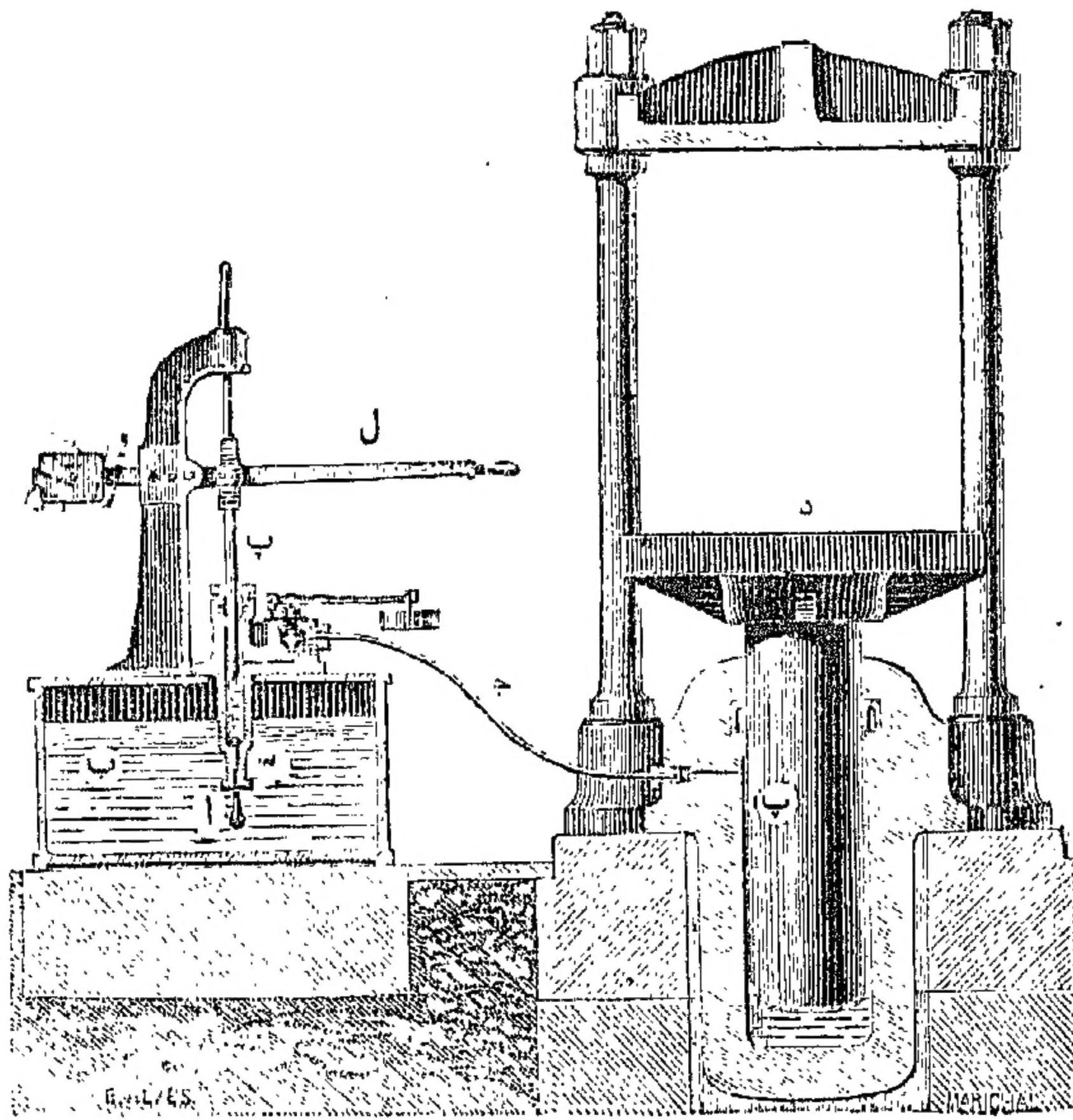
جزء الثاقل

تأليف

ابراهيم مصطفى

مدرس الكيمياء بالمدرسة الطبية

(سرحت نظارة المعارف بطبع هذا الكتاب وقد احتوى على مائة شكل)



(حقوق الطبع محفوظة للمؤلف)

(الطبعة الاولى)

(بالمطبعة الباهرة بيولا ق مصر القاهرة سنة ١٣٤٥ هجرية)

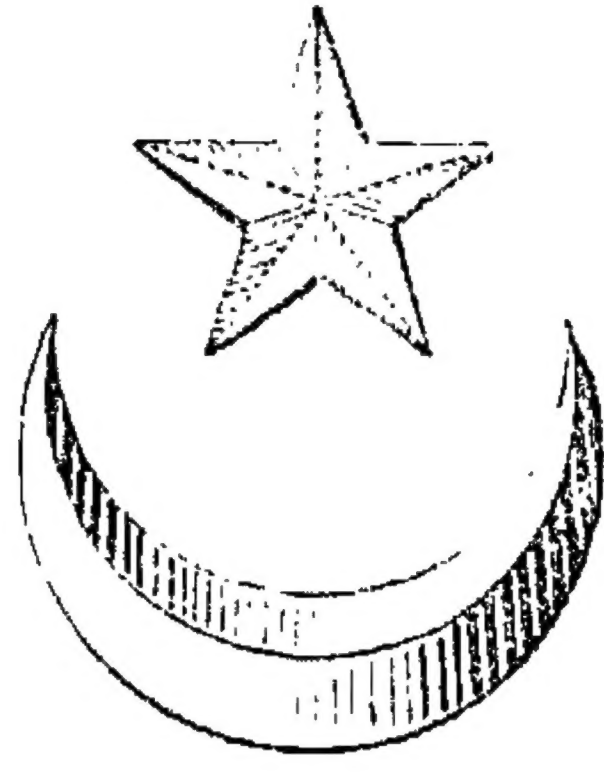
لاغنى لعلوم هذه المدرسة عنها ولا تفهم بدونها ولا بد لهذا العلم وبقية علوم الطبيعة من أن تأخذ مكانها لاحتياج غيرها لها احتياجاً شديداً

ولقد أدركت إدارة نظارة المعارف العمومية في وقتنا هذا محل علم الطبيعة وبقية العلوم المبنية على التجارب والملاحظات بين العلوم فاعتنت بشأنها واستحضرت معدّاتها وتعهدها ووجهت عنايتها نحو تدريسها في المدارس وفي التجهيزية وفي مدرسة دار العلوم فاستحق وكيلها سعادة يعقوب باشا أرتين ثناء الجميع والشكر على هذا الصنيع إذ لا شك أن ذلك مما يسمو به التعليم ويجعله أوفق بحال المدارس الخصوصية وأنفع من ذي قبل بتعويده الفكر على الأحكام ودقة المشاهدة واستنتاج النتائج الصادقة منها وهل يسوغ تصغير أهمية علم كهذا مع أن الجانب الخديويّ المعظم **(محرم توفيق باشا)** حفظه الله قد وجه عنايته السنية الى تقديم كل علم وصوب نظره العلى الى ترقية كل وسيلة يترتب عليها فائدة البلاد ولم يفرق بين علم وعلم آدمه الله ظهيرا للعلم وأهله ومتع الناس ببقاء دولته وعدله

ولذلك رأينا أن نساعد إدارة المعارف في جدتها وعنايتها بهذه العلوم بان نضع كتابا في مبادئ الطبيعة اذوجب على الكل السعى في نفع وطنه بقدر طاقته وماتصل اليه يده فأخذنا في وضع هذا الكتاب وجعلناه أجزاء هذا هو الجزء الاول منها قسمناه الى مقالتين الاولى تشتمل على مقدمة في التعاريف التي يلزم العلم بها قبل الدخول في هذا العلم ومطلبين مطلب في المادة وتكوينها وآخر في القوانين الاكثر عموما التي بدونها لا تفقه أحكام علم الطبيعة والمقالة الثانية قسمناها الى مقدمة وثلاثة مطالب شرحنا فيها كل ما يتعلق بالتشاكل ووجهنا كل عنايتنا الى القوانين والاحكام ولم نأت فيه الاعلى شرح الضروري من الاجهزة وما كانت معرفته ضرورية لفهم بعض القواعد والاحكام ولم نتوسع في شرح هذه الاجهزة كما فعل غيرنا لان القصد من علم الطبيعة هو العلم بالقوانين المنقادة لها الظواهر المختلفة ومأمولنا أن يصادف عملنا هذا من المتعلمين اقبالا ومن المعلمين استحسانا

القاهرة ٤ رجب سنة ١٣٠٥ الموافق ١٧ مارث سنة ١٨٨٨

ابراهيم مصطفى



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله العالم بمحققات الاشياء اجمالا وتفصيلا والصلاة والسلام على سيدنا محمد الذي فضله الله على الانبياء تفصيلا (وبعد) فان علم الطبيعة صار اليوم من الضروريات فاحس كل بلزوم معرفته خصوصا في تعلم الطب اذ لا ينكر اليوم انسان ما للمؤثرات الطبيعية سواء كانت اسبابا أو نتائج من التأثير في وظائف الكائنات الحية فضلا عن كون المشتغلين بدراسة الظواهر الفسيولوجية والمرضية محتاجين في أبحاثهم الى استعمال الوسائط المحكمة الدقيقة التي يرشد اليها علم الطبيعة وسائط كان لها في تقديم علم الطب دخل عظيم فالميكروسكوب وجهاز الاستقطاب والاستقصاء أجهزة صارت من أقوى وسائل البحث والتشخيص لاغنى لطبيب عنها وبقياس انحناءات السطوح الكاسرة للعين بواسطة الافتالمومتر ومعرفة الحدود التي تتغير فيها هذه الانحناءات تقدم علم الرمد تقدما واسعا والكهربائية صارت من المؤثرات الدوائية وبها أمكن معرفة وظائف كثير من أجزاء البنية وكذلك الميكروفون وبقوانين الطبيعة علمت وظائف كثير من الحواس وحركات القلب وقانون حفظ القوى واستحالة بعضها الى بعض وتكافؤها له في الفسيولوجية أهمية لا تنكر وغير ذلك مما يطول شرحه وبالجمله فقواعد الميكانيكا والقوانين الاساسية للتثاقل والتأثير الجزيئي والصوت والكهربائية والحرارة صارت من الامور اللازمة للفسيولوجية ولقانون الصحة والطب فاحتياج هذه العلوم الى قوانين علم الطبيعة أشهر من أن يذكر ومن بواعث الاسف أن نرى بعض رجال المدارس التخصصية لا يرى هذا العلم وبقية علوم الطبيعة الا علوما ثانوية فسعى في تصغير أهمية هذا العلم معها مع أنه

المقالة الاولى

مقدمة

١ - تعاريف - الانسان بماله من الحواس يشعر بأشياء مختلفة هي الاجسام وتسمى مادة وبما تعمل هذه الاجسام في الحواس يتميز بعضها عن بعض وتكون في بعض الاحيان مجاسا لتغيرات مختلفة وكل فعل تظهر منه صفات الجسم أو تغيراته يسمى في علم الطبيعة ظاهرة ومجموع الاجسام هو العالم ويسمى أيضا الكون واعلم أن بعض الاجسام لا يمكن وجوده الا في شكل ونسج مخصوص أى في تركيب خاص به بشرط أن المواد المترتبة منها هذه الاجسام تتجدد على الدوام فهذه هي الاجسام المتعضونة أى الحية النباتات والحيوانات وهي العالم العضوى ومدة حياة أفراد هذه المملكة محدودة وفيها خاصة التوالد أما بقية أجسام العالم غير المتمتعة بما للاجسام الحية مما ذكرناه من الصفات فتسمى الاجسام اللاعضوية (أى غير العضوية) والجادات والى الآن لم يمكن الوصول الى استكشاف شئ آخر في الاجسام المتعضونة غير الاجسام اللاعضوية واذا تأملنا ما فى الكون من الاشياء المختلفة والظواهر المنبانية علمنا مكان النظر لها من وجهتين مختلفتين تفتحان للعلم طريقين مميزين

فإذا نظر لها بالنسبة للحال بقطع النظر عما يعرض لها من التغيرات فى الزمن والمسافة ظهر الكون كأنه عبارة عن اجتماع كائنات منعزلة فى سكون ولهذه الكائنات صفات عامة وخاصة تصير بها منقسمة الى طوائف مختلفة العدد كثرة وقلة وعمل هذا التقسيم على قواعد علمية توصلنا الى معرفة الكون بترتيب هو موضوع علم التاريخ الطبيعى واذا لم ينظر للاشياء نفسها معتبرة فى سكون بل نظر الى ما يحصل فيها من التغيرات المختلفة وببحث عن كنهه وأسباب هذه التغيرات كان ذلك موضوع علوم الطبيعة وقد قسموا هذه العلوم الى قسمين رئيسين علم الطبيعة وعلم الكيمياء

ولا تقبل المادة الانقسام لا الى نهاية وقد سمي الجزء الغير الممكن تقسيمه بالطرق المعروفة على اختلافها ميكانيكية كانت أو كيمياوية بالذرة ولا توجد الذرات منفردة منعزلة وانما تجتمع فى الغالب بغيرها من جنسها أو من جنس آخر فتتكون الجزيئات وباجتماع عدد كثير أو قليل من هذه الجزيئات تتكون الاجسام

وتنقسم الظواهر الى كيمياوية وطبيعية بحسب ما يحصل من التغير في الاجسام فان كانت نتيجة تغير في التكوين الخاص بالجسم أى متسببة عن اختلاف في موازنة الذرات لتفاوت في كيفية ارتباطها أو تغير في طبيعتها فهي الظاهرة الكيماوية ومثالها استحالة الحديد الى صدأ واستحالة المادة الدسمة بالقلويات الى صابون

وان كانت الظاهرة ناشئة عن تغير موازنة الجزيئات بنسبة بعضها الى بعض بحيث لا يصل هذا التغير الى الذرات فهي الظاهرة الطبيعية ومثالها جذب الكهرباء للاجسام الخفيفة اذا دلت بقطعة من الصوف وكون القضيبي الذي من الصاب يصير مغناطيسيا بمرور تيار كهربائي حوله

ولا تتعلق صفات الجسم الكيماوية الا بطبيعة الذرات وبكيفية ارتباطها وأما صفاته الطبيعية فهي فضلا عن تعلقها بما ذكرته تعلق بكيفية ارتباط الجزيئات فلا تتغير طبيعة الجسم الا بتغير يحصل في تكون جزيئاته وقد يظهر الجسم الواحد في حالات طبيعية مختلفة مع بقائه كما كان بالنسبة لحالته الكيماوية

وقد دلت المشاهدة على ان كل ظاهرة كيمياوية تكون مصحوبة بظواهر طبيعية

والظواهر الخاصة بالاجسام الحية وتسمى أحيانا بظواهر الحياة تكون مصحوبة بظواهر كيمياوية أو طبيعية أو بممعا وبتمدقيق البحث تبين أنها ظواهر كيمياوية أو طبيعية أكسبت الحياة طرزا مخصوصا بسبب ما لها من الاعضاء وبذلك تعينت دراسة الظواهر الطبيعية والكيمياوية قبل دراسة الظواهر الحاصلة في الاجسام الحية المسماة بالظواهر الفسيولوجية

٣ - القانون - أول شيء يتنبه اليه الفكر هو انتظام ظواهر الطبيعة في ظهورها ألا ترى ان الاجسام مثلا تسقط دائما نحو سطح الارض وأن النجوم تقطع مدارها في مدد محددة ثابتة لا تزيد ولا تنقص والبندول يهتز بعلاقات لا يتغير نسقها ولا تختل أحكامها ويعبر عن هذا الانتظام وظهور الظواهر بهذا الاحكام بانقياد ظواهر الكون الى قوانين ويقال لكل طائفة من الظواهر التي كيفية ظهورها ثابتة لا تتغير انهما مقدمة لقانون طبيعي كقانون سقوط الاجسام وقانون البندول والجذب العام

وكل قانون يقتضى وجود علاقة نسبية والظاهرة الطبيعية لا تحدث بطريقة منتظمة الا اذا وجد بالاقبل بعض الاحوال التي صاحبت ظهورها في المرة الاولى وبالأحكام يمكن أن يقال ان الاحوال المرتبطة بحادثة تشمل حالة العالم وقت حصول الحادثة وحالته قبل فان مجموع الاحوال التي لها دخل في حصول هذه الحادثة لا يكون تاما الا باعتبار الحوادث الاخرى التي باجتماعها

تكون

تكون حالة العالم الى وقت حصول هذه الحادثة ومع ذلك فقد دلت التجربة أن عددا قليلا من هذه الاحوال التي لا تحصى عددا ولا تنتهي حدّا المرتبطة بها الحادثة له تأثير حقيقي وهذه الاحوال حالية أو ماضية التي لا بد من ارتباط الظاهرة بها هي ما يسمى شروط الظاهرة

ولا يمكن معرفة شيء من العالم الطبيعي رجاء بل من فحص الظواهر كما هي من غير تخمين في الاسباب المولدة لها وهذا الفحص يسمى الملاحظة وليست الملاحظة عبارة عن بحث سطحي بل هي دراسة دقيقة مستمرة وخصوصا أقيسة محكمة لجميع شروط الظاهرة

وعلى العموم الظواهر وشروطها حوادث متضاعفة ولنذكر مثلا لايزيل الابهام ويستلقت الافهام بسقوط كرة على سطح منحني فانها تكون متأثرة بحركة بعضها ينسب لجذب الارض وبعضها لمقاومة السطح وآخر لمقاومة الهواء فقانون الحركة يتعلق بهذه الاحوال كلها ومن ثم كان تعيين ما لكل من هذه الاحوال من التأثير يستلزم تصيير الظاهرة بسيطة بان تفصل كل حالة عن غيرها من الاحوال وتحويل الظاهرة الى بسيطة بفصل بعض الاحوال التي لها دخل في ظهور هذه الظاهرة عن بعض وافرادها هو احدى الوسائل القوية والوسائط العلمية التي بها يتوصل الى تفسير الظواهر ويسمى التجربة والعلماء مضطرون في معظم الاحوال الى استعمال هذه الوسائل فانه يندرج وجود حالة منعزلة من نفسها

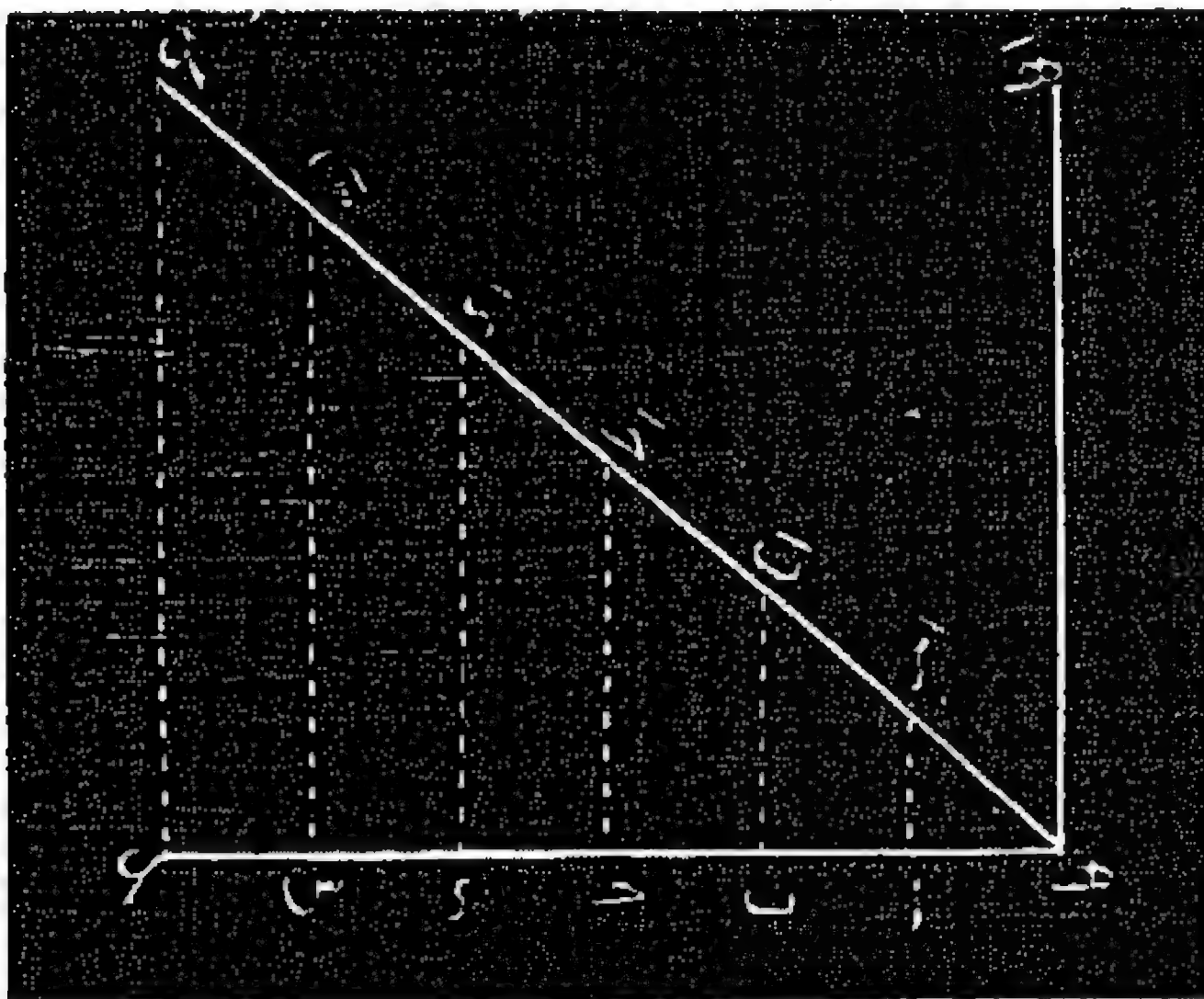
ومتى انتهى الافراد الى حالة لا تقبل الاختصار أي متى أدى العمل الى ظاهرة لا يمكن تحويلها الى أبسط مما وصلت اليه قيل انه استكشف سبب الظاهرة والعلاقة الكائنة بين سبب منفرد ونتيجته قانون بسيط أي قانون لا يمكن انقسامه الى قوانين أخرى يكون هو ناتجا عنها ففي المثال المتقدم اذا تركت جميع الشروط الا التثاقل وأعيدت التجربة باسقاط الكرة في الفراغ فانه يشاهد قانون بسيط هو قانون السقوط مع ان الكرة بسقوطها فوق سطح منحني تتبع قانونا متضاعفا أي ناتجا عن دخل عدة قوانين بسيطة منها قانون السقوط ويتوصل الى معرفة القوانين الاخرى بالبحث عن تأثير الاحتكاك ومقاومة الهواء وميلان السطح كل على حدة

٣ - الدلالة على القوانين - يمكن الافصاح عن القانون البسيط في غالب الاحيان بعبارة موجزة كالافصاح عن قانون سقوط الاجسام في الفراغ بان نقول ان سرعة الجسم الساقط تزداد بنسبة الزمن وان السرعة بعد وحدة الزمن الاولى كمية ثابتة هي ٨ زه ٢ اذا كانت الثانية مأخوذة وحدة للزمن واذا رزله هذه الكمية الثابتة بالحرف ك وللزمن بالحرف ن وللسرعة بالحرف ع فللدلالة على قانون السقوط تكون المعادلة $E = K N$

ويتأتى اكساب جميع قوانين الطبيعة أشكالاً رياضية والدلالة عليها بمعادلات أى بروابط معينة بين الأقيسة المختلفة المكونة للظاهرة ومن البين أنه إذا كان القانون متضاعفاً فلا تكون المعادلة فى بساطة التى مثلناها

وللمعادلة الرياضية منفعة كبيرة فى علم الطبيعة فإن استعمالها يكسب القوانين المدلول عليها بها وضوحاً وضبطاً سيما ويأتى لنا أن نستخرج من أى قانون جميع نتائجها وأحياناً تكون المعادلات ضرورية لا يستغنى عنها فمن المستحيل التعبير بعبارة واضحة مفهومة عن الارتباطات الكائنة بين مسافات البورات المرتبطة فى انكسار الضوء فى العدسات مع أن الدلالة على هذه الارتباطات سهل بالمعادلة $\frac{1}{ص} = \frac{1}{م} + \frac{1}{س}$ التى فيها م و ص رمز للمسافة بين البورات المرتبطة والعدسة و س رمز للمسافة البورية الرئيسة

ويتأتى أيضاً الدلالة على القوانين الطبيعية بخطوط هندسية فإذا اريد تصوير قانون سقوط الأجسام الذى ذكرناه أخذ على الخط ع هـ (شكل ١) مبتدأ من النقطة هـ الاحداثيات



ش ١

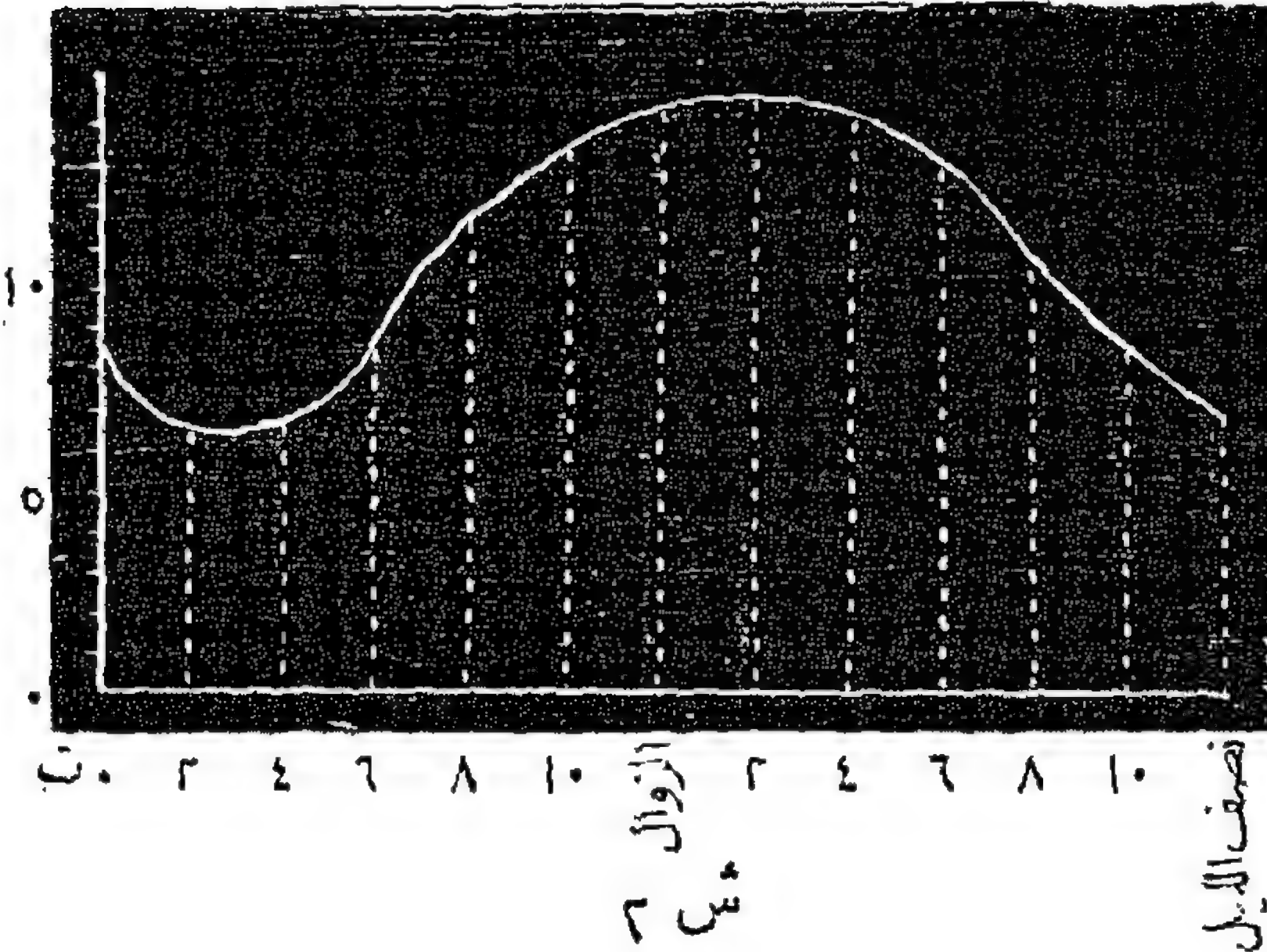
الافقية هـ أ و هـ ب و هـ ج الخ دلالة على الأزمنة من ابتداء الظاهرة متناسبة معها وفى نقاط التقاسيم تقام احداثيات رأسية تكون أطوالها دالة على السرعة المقابلة للأزمان المعتبرة فى هـ وقت ابتداء سقوط الجسم تكون السرعة معدومة ومن ثم يكون الاحداثى معدوماً أيضاً ثم إذا مضت الثانية الأولى كانت السرعة مساوية ٨٩٨ فيؤخذ

للدلالة على هذا الكبر احداثى رأسى طوله أ أ ماراً من نقطة أ وهى التى تقابل الزمن ١ وحيث أن السرعة تزداد بنسبة الزمن فطول الاحداثيات الرأسية للزمن ٢ و ٣ و ٤ ... الخ يكون على التعاقب ضعف وثلاثة أمثال وأربعة أمثال ... الخ الاحداثى أ أ ومن ثم يكون الخط الماراً بطراف الاحداثيات الرأسية أ ب ح د مستقيماً ويكون ميله على الاحداثيات الرأسية متعلقاً بالكبر الثابت أ أ وهذا الخط هـ ع ليس الصورة للمعادلة $ع = ك ن$ أى للقانون الذى بحسبه تزداد السرعة بالنسبة للزمن المقطوع

وهذه

وهذه الدلالة نافعة خصوصاً في القوانين المتضاعفة التي وضعها في صورة معادلة صعب لا تؤخذ منه بسهولة العلاقات الكائنة بين الشروط المختلفة للظاهرة

ومتى كانت العلاقة متضاعفة فإنه يكتفي في الغالب بالدلالة عليها بالصورة الرسمية التي ذكرناها فإذا أريد التعبير عن القانون الذي على حسبه تتغير درجة حرارة الإنسان في الساعات المختلفة من النهار بطريقة رياضية فإنه يحصل على معادلة متضاعفة لا ترى منها العلاقة المقصودة بين درجة الحرارة والساعة ولكن هذه العلاقة تؤخذ بسهولة من الصورة الرسمية لهذا القانون (شكل ٢) بمجرد رؤية الخط المنحني



ومن البين أن الحالة التي مثلنا بها ليست فيها الساعات هي المحدثة لارتفاع أو انخفاض درجة حرارة الجسم وإنما نشأ هذا الاختلاف عن أحوال ليست دائماً واحدة في الاوقات المختلفة من

اليوم مثل الحرارة الخارجية والتغذية والنوم واليقظة وغير ذلك وعلى ذلك فالعلاقة بين الحرارة والزمن يمكن ردها الى علاقات متعددة أقل تضاعفاً

وفي الغالب لا يجعل في شكل معادلة الا القوانين البسيطة وباستعمال الدلالات الرسمية للعلاقات المتضاعفة يقصد استبدال عدة معلومات موضوعة في هيئة جداول بخط يسهل فهمه وقد اقترحوا عدة آلات ترسم بنفسها خطوطاً دالة على العلاقة بين الزمن وأحد فروع الظاهرة وهذه الآلات هي المسماة بالرواسم وقد كثر استعمالها في الطب

٤ - الطبيعة والحركة - يمكن تقسيم جميع الظواهر التي يبحث عنها في علم الطبيعة للوقوف على أسبابها أو لاستنتاجها من أسباب معلومة الى قسمين الاول يحوى الظواهر التي تكون عبارة عن حركة انتقالية للجسم من غير أن يحصل له في نفسه تغير ولو كان وضعه يتغير بالنسبة للأجسام المجاورة له ومثال ذلك ظاهرة سقوط الأجسام والثاني يحوى الظواهر التي فيها يكون مجموع الأجسام ساكناً ولكن مع حصول تنوع في صفاتها يمكن ادراكه بالحواس أو الوقوف عليه بوسائط أخرى كتجمد الماء وتغطيس الحديد بالتيار الكهربائي وكثيراً ما يكون

في الظاهرة الواحدة حركة انتقال وتنوع في صفات الجسم ومن هنا يمكن القول بان الظواهر التي من موضوع علم الطبيعة هي عبارة عن تغير اما في الوضع واما في الصفات واما في النوعين معا وأبسط هذه التغيرات تغيرات الوضع لان الحركات المختلفة للجسم لا يتميز بعضها عن بعض الا بغير سرعتها وباتجاه ومقدار الاختلافات التي يمكن حصولها فيها وأما تغير صفات الاجسام فمختلف لا الى نهاية ومع ذلك فقد اعتمدوا تصورا به أمكن تفسير عدة من تنوعات هذه الصفات بقوانين الحركة وإذا فالطبيعة ترد جميع التغيرات الحاصلة في صفات الاجسام الى حركات الجزيئات النهائية للمادة وحينئذ فعلم الطبيعة هو علم الحركات الحاصلة في العالم المادي اما كان منها متعلقا بالميل الكيماوي أو مكوّنًا لظواهر الحياة في الاعضاء

٥ - القوة وأنواعها - ينتج من كون جميع الظواهر الطبيعية عبارة عن حركة أن الاسباب التي يبحث في علم الطبيعة عن معرفتها هي أسباب حركة لا غير ويسمى اصطلاحا سبب الحركة بالقوة وأنواع القوى متعددة بتعدد الاسباب المختلفة للحركة غير أن الاجزاء المتحركة في كل حركة إما أن تتقارب أو تتباعد وبناء على ذلك تكون قوى الكون نوعين قوى جاذبة وقوى منفرة فالثقل قوة جاذبة والقوة الكهربائية تكون منفرة أو جاذبة بحسب كون الكهرباء إثنين المؤثرة كل منهما في الاخرى من جنس واحد أو من جنسين مختلفين والحرارة باحدائهما كبر في هجوم الاجسام تعمل عمل قوة منفرة وهي مثال لتأثير القوى بين جزيئات جسم واحد والقوى التي من هذا القبيل تسمى القوى الجزيئية

ولا ينسب الطرز النحوص الذي تكسبه الحياة للظواهر الطبيعية والكيماوية الحاصلة في الاجسام العضوية الى قوى خاصة بالاجسام الحية متميزة عن باقي القوى لان القوى التي تعمل في الاجسام الحية هي كالتي تعمل في باقي اجسام العالم قوى طبيعية وكيماوية وانما ينسب هذا الطرز الى تركيب وكيفية ارتباط الاجزاء المختلفة المكونة للاجسام الحية

المطلب الاول

تكوين المادة وحالات الاجسام

٦ - المادة - المادة لا تعرف الا بما تظهره من القوى فهي التي بتأثيرها في أعضاء الحواس تحدث شعورا بوجودها وتختص بدراسة الخواص الطبيعية للمادة في البحث عن هذه القوى

والمادة

والمادة المتكونة منها جميع الاجسام صفتان عامتان السعة أى شغلها حيزا من الفضاء وعدم التداخل أى مقاومتها لتأثير القوى الخارجة عنها

ولا تفهم المادة بغير هاتين الصفتين فالمادة كل ما كان له سعة وكان فيه خاصة عدم التداخل وانما عرفت المادة بما لها من الخواص التى ترشدنا اليها الخواص للجهل بطبيعتها ولا تكفى السعة وحدها لكون الشئ جسما فالظن ذو سعة ولكنه ليس بجسم لتجرده عن خاصة عدم التداخل

واذا كان قد تبين من تأثير بعض الاجسام فى بعض وجود قوى جاذبة ومنفرة فبالقياس يمكن الحكم بما يقرب من اليقين وهو أن جزيئات المادة متمتعة بهاتين القوتين فيكون تماسك الاجسام مثلا نتيجة جذب جزيئاتها لبعضها البعض وبزواله يصير الجسم مسحوقا دقيقا

والى هاتين القوتين معان نسب الخاصة التى بها الاجسام تقاوم القوى الخارجة المغيرة لشكلها وهذه الخاصة هى المسماة المرونة فاذا رأينا جسما لا ينقاد للقوة الخارجة الممتدة له الا بعسر ثم يرجع الى حجمه الاصلى متى انقطع تأثير هذه القوة نسبنا هذه الظاهرة الى وجود قوى جاذبة فى داخل الجسم واذا رأينا جسما يقاوم ضغطا متسلطا عليه لينقص حجمه نسبنا هذه المقاومة لوجود قوى منفرة فى داخل الجسم يظهر فعلها متى أخذت الجزيئات فى التقارب وصغرت المسافة الطبيعية بين الجزيئات وهى المسافة التى عليها تكون القوى الجاذبة والمنفرة فى توازن

ولما كان من الصعب تعلق وجود الجذب والتنافر فى جزيء واحد اعتبرت جميع الاجسام مكونة من نوعين من الجزيئات مختلفتين اختلاطا كليا بعضهما متمتعة بقوة جاذبة وبعضها بقوة منفرة فالاولى هى جزيئات المادة المسماة ذات الوزن لانها تكسب الاجسام الداخلة فى تركيبها خاصة سقوطها نحو الارض فتكون ذات وزن والثانية هى الجزيئات المتمتعة بالقوة المنفرة وتسمى جزيئات المادة عديمة الوزن وجزيئات الاثير وقد اقتضت دراسة ظواهر الضوء اعتبار الاثير مكونا كالمادة ذات الوزن من جزيئات منفصل بعضها عن بعض وأفادت المشاهدة أن الاثير يكون دائما مرتبطا بالمادة ولا أقل من أنه متراكم فى داخلها ومن ذلك يؤخذ ضرورة تمتع المادة ذات الوزن بجذب العديمة واذن يكون كل جزيء من جزيئات المادة ذات الوزن محاطا بغلاف من جزيئات الاثير ولا بد أن يكون هذا الغلاف آخذا فى التلاشى من الباطن الى الظاهر لتنافر جزيئات الاثير

والقوى المنفرة للايتير هي قوى جزئية محضة أى انها لا تعمل على بعد عظيم وتعتبر شدتها عظيمة من قرب وتصغر بسرعة كلما كبرت المسافة وتصير غير محسوسة متى صار بعد الجزئيات واضحا

ويظهر عمل القوى الجاذبة لجزئيات المادة ذات الوزن من قرب ومن بعد فكل جسم يجذب غيره تكون شدة جذبته على العكس من مربع المسافة بينهما وحركات الاجسام السماوية أمثلة متعددة لتأثير الاجسام المادية من بعد وكذلك سقوط الاجسام نحو الارض والقوة التي يكون بها كتلتا ك و ل تتجاذبان تكون متناسبة مع حاصل ضرب الكتلتين واذا لاحظنا أن هذا الجذب يكون على العكس من مربع المسافة فان القانون العام يكون

$$ق = \frac{هـ \cdot ل}{م^2}$$

وهذه معادلة فيها ق رمز لقوة الجذب و ل و ل للكتلتين و م للمسافة و هـ لقوة الجذب اذا كانت الكتلة والمسافة مساوية للوحدة وقد أيدت المشاهدات الفلكية لحركة الكواكب قانون الجذب العام هذا وأظهر (كاوانديش) صحته في جذب الاجسام الكائنة على سطح الارض فانه شاهد أن كتله عظيمة من الرصاص تجذب كرة صغيرة معدنية وأبان هذا الجذب بحركة رافعة حساسة وضع في طرفها الكرة المعدنية

٧ - حالات الاجسام - الاجسام تكون في حالات مختلفة تسمى بحالات الاجتماع نسبة لكيفية اجتماع الجزئيات ذات الوزن وعديمته بعضها ببعض لتكوين الاجسام فكل جسم هو عبارة عن جزئيات مجمعة والفرق بين الاجسام المختلفة بالنظر لحالتها الطبيعية انما هو في وضع هذه الجزئيات بعضها من بعض وفي حركاتها النسبية فقد تكون صلبة وسائلية وغازية

والصفة المميزة لحالة الصلابة هو أن المادة الصلبة تكون متماسكة في جميع أجزائها ذات شكل معين لا يتعلق بالمسافة الموجود فيها الجسم ولا بد من بذل مجهود في تغيير شكل الجسم ومن ذلك يستنتج أن الجذب الحاصل بين جزئيات الاجسام الصلبة غالب على نفور جزئيات الايتير وينبغي أن يلاحظ أن الجذب لا يظهر على النفور ظهورا بينا الا اذا كان هناك قوة خارجية تحدث تباعد الجزئيات المادية بعضها عن بعض أما اذا كان هناك قوة خارجية تحدث تقاربها ففوق النفور تظهر على الجذب وتقاوم هذا التقارب واذا لم يكن الجسم متأثرا بقوة خارجية كان بين قوتي الجذب والنفور توازن اذ لو كانت قوة الجذب غالبية دائما لكان حجم الجسم

آخذًا

آخذاً دائماً في النقصان وجزئيات الجسم في حالة السيولة تنزلق على بعضها مع بقاء المسافات بين الجزئيات المتجاورة ثابتة ولذلك كان كل سائل يكتسب شكل الاواني التي وضع فيها من غير تغير في حجمه الا اذا كان مضغوطاً من جميع الجهات ضغطاً شديداً ويستنتج اذن من ذلك أن قوى الجذب والنفور العاملة بين جزئيات السائل في توازن مهما كان الوضع النسبي لهذه الجزئيات

وفي الحالة الغازية يكون الاجسام ميل لأن يكبر حجمها لا الى نهاية فتشغل دائماً المسافات المعرضة لها مهما كانت سعتها ولذلك ينسب للغازات قوة انتشار مقابلة للتماسك الموجود في الاجسام الصلبة وسبب الحالة الغازية هو تسلط تأثير القوة المنفرة للجزئيات

وقد يكتسب الجسم الواحد الاحوال الثلاثة الصلابة والسيولة والغازية فبتأثير الحرارة يصير الصلب سائلاً مع ازدياد في حجمه ويصير السائل غازياً فيكتسب حجماً أكبر مما كان عليه ومن ذلك يمكن أن يستنتج أن تباعد الجزئيات يكون أصغر ما يكون في الاجسام الصلبة وأعظم ما يكون في الغازات ويسهل تفسير أحوال الاجسام بما قدمناه من اختلاف الجذب والنفور باختلاف المسافات فالقوة الجاذبة للجزئيات تكون بعكس المسافات التي بين هذه الجزئيات فاذا حصل تغير في حجم جسم تباعدت جزئياته فاذا صارت على مسافات متباعدة بحيث لا يكون جذب هذه الجزئيات بعضها البعض الاضعفاً لكنه كاف لارتباط بعضها ببعض مع كونه غير كاف لمنع انفصالها بتأثير قوة خارجية مهما كان صغرها كثقل هذه الجزئيات صار الجسم الصلب حينئذ سائلاً فاذا استمر ازدياد الحجم الى أن يفوق فيه نفور جزئيات الاثير المغلفة لجزئيات المادة على القوة الجاذبة اكتسب الجسم قوة الانتشار رأى صار غازياً

وهناك عدد قليل من الاجسام يظهر من كيفية تغير حالاتها عدم انقيادها للقاعدة التي ذكرناها وهي ازدياد حجم الاجسام باحالتها من حالة الصلابة الى حالة أخرى وذلك كالماء فان حجمه يكبر بالتجمد وبالتأمل يرى أن عدم الانقياد هذا ليس الاً امر اظاهرياً فان تصلب الماء انما هو تبلوره والمسافات بين جزئيات الاجسام المتبلورة لا تكون واحدة في جميع الاتجاهات ويكفي في تصلب جسم حصول تقارب جزئياته في اتجاه واحد وأما حصول النقصان في حجم جسم فيكون بنقصان في المسافات بين الجزئيات في جميع الاتجاهات

المطلب الثاني

في القوانين التي هي أكثر عموما

٨ - قانون القصور الذاتي ويسمى قانون الاستقرار - المادة قاصرة فليس في وسعها أن تغير بنفسها سكونها أو حركتها وبعبارة أخرى ان الجسم اذا كان في حالة قانه يبقى عليها الى أن تؤثر فيه قوة فاذا كان في حالة السكون بقي عليها وان كان متحركا استمر في حركته ففاد هذا القانون بقاء كل شيء على ما هو عليه الى أن يطرأ عليه ما يغيره عن حاله وينتج منه ان لكل شيء سببا

٩ - قانون حفظ المادة - المادة لا تتجدد ولا تنعدم وقد يشاهد في بعض الاحوال ما يؤخذ منه عدم اطراد هذا القانون وذلك كالا حترق واستحالة الاجسام الى بخار وقد دلت التجارب الطبيعية وكما وية على أن عدم الاطراد هذا هو تخيل لاحقيقة له وينتج من عدم امكان انعدام المادة وتجددها أن التغيرات الحاصلة في العالم منحصرة في حركة لانه مادامت كمية المادة غير قابلة للزيادة والنقصان فما يحصل من التغير في المادة انما هو انتقالات في أجزائها

١٠ - قانون مساواة الفعل لردّه - اذا أثر جسمان أحدهما في الآخر ليتجاذبا أو يتنافرا فتأثير الأول في الثاني يكون مساويا لتأثير الثاني في الأول وبعبارة أخرى ان رد الفعل يكون مساويا ومضادا للفعل فقطعتا الحديد والمغناطيس تتجاذبان بقوة واحدة والجسم الساقط نحو الارض يجذبها بقدر جذبها لغيره أن تأثيره فيها غير محسوس لتوزعه على كتله عظيمة والمسمار المعلق فيه ثقليل بخيط يحدث في الخيط شدا من أسفل الى أعلى مساويا لما يحدثه الثقليل في الخيط من أعلى الى أسفل

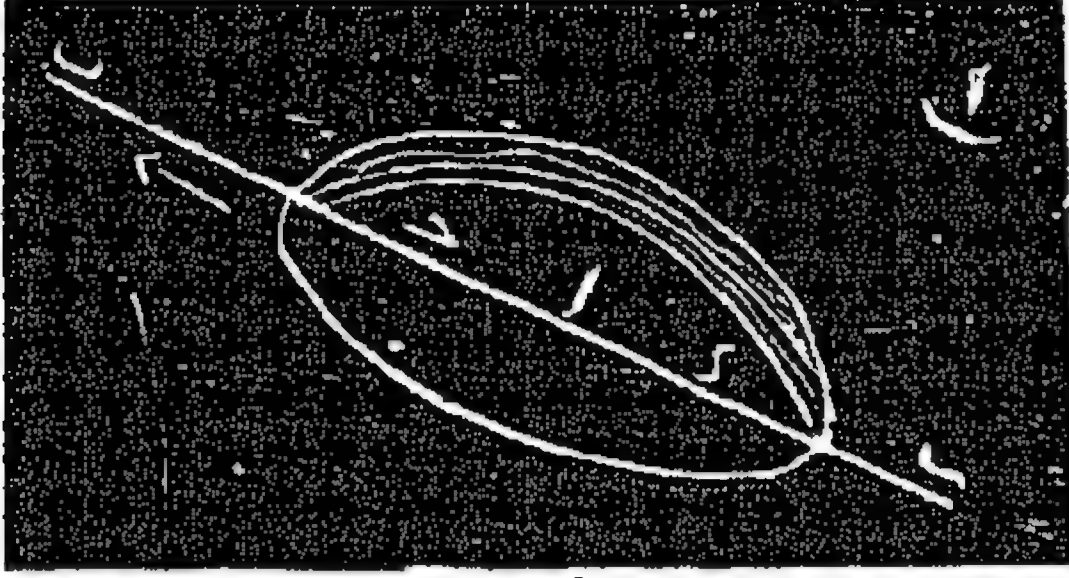
ويستنتج من هذا القانون قانون مهم آخر مؤيد بالتجربة وهو أن القوة التي بها يؤثر جسم في آخر تكون متناسبة مع حاصل ضرب كتلتى الجسمين لانه من المسلم ان التأثير الواقع من أحدهما في الآخر هو نتيجة التأثيرات الجزئية لكل جزء من اجزاء الجسم

١١ - القوة - هي كل سبب يمكن به حصول حركة أو تنوعها وتعرف بثلاثة أشياء (١) نقطة ارتكازها أي النقطة التي تؤثر فيها مباشرة (٢) طريقها أي الخط الذي يتبعه الجسم اذا أثرت هذه القوة وحدها فيه ويكون هذا الطريق مستقيما ومن ذلك يعلم أنه اذا اتبع جسم في سيره طريقا غير مستقيم كان ذلك نتيجة تأثير عدة قوى معافيه قوتين في الاقل (٣) شدتها أي قيمتها العددية مقدرة بوحدة القوى

والدلالة

والدلالة الهندسية المستعملة للقوى هي خط مقام من نقطة ارتكاز القوة متجه في اتجاهها وطوله مقدار من وحدة الطول مساو لما في القوة من وحدة القوى

وإذا أثرت قوة مركزة في نقطة أ من جسم صلب (شكل ٣) في الاتجاه أب فلا تتغير



ش ٣

نتيجتها بالتقال نقطة ارتكازها إلى ح أو إلى د

من الجسم عينه موضوعة في نفس الاتجاه

وكذلك إذا نقل الارتكاز إلى نقطة ه خارجة

عن الجسم بشرط فرض ارتباطها بالجسم من

غير تغير وبعبارة أخرى يمكن نقل نقطة ارتكاز

القوة إلى أي نقطة من اتجاه القوة بشرط فرض ارتباطها من غير تغير بالنقطة الأولى

١٢ - عدم تعلق فعل القوة بحركة الجسم - فعل القوة في نقطة مادية لا يتعلق بحركة

هذه النقطة التي اكتسبت قبل تأثير القوة فيها فإذا أثرت قوة في نقطة مادية ساكنة اكتسبت

حركة تختلف باختلاف شدة القوة واتجاهها فإذا كانت النقطة المادية في حركة وقت تأثير

القوة فيها فإن هذه الحركة تتحد بالحركة التي تنتج عن القوة لو أثرت وحدها والنقطة ساكنة

والحركة الناتجة من هذا الاتحاد هي الحركة الحقيقية للنقطة المادية في الوقت المقصود

١٣ - استقلال القوى المؤثرة معاً في نقطة مادية ثابتة - القوى المؤثرة معاً في نقطة

مادية يستقل كل منها بعمله ومعنى ذلك أنه إذا أثرت عدة قوى في آن واحد في جسم فإنها

تحدث في وضعه تغيراً هو الذي يحصل من تأثير كل من هذه القوى على حدثه واحدة بعد أخرى

وبعبارة أخرى أن كل واحدة من هذه القوى المؤثرة تحدث عين التأثير الذي تحدثه لو كانت

منفردة وعلى ذلك فلعرفة ما تحدثه عدة قوى في جسم مدة معينة من الزمن يبحث عن

الطريق الذي يتبعه هذا الجسم بتأثير أحدي القوى ثم عن الطريق الذي يتبعه بعد ذلك بتأثير

القوة الثانية ثم عن الذي يتبعه بتأثير الثالثة وهكذا في منتهى الحال يحصل على الطريق الذي

يتبعه الجسم بتأثير تلك القوى معاً

١٤ - حفظ القوى وتكافؤها - لا يمكن القوة أن تظهر نتائجها في شكل حركة إلا إذا لم

تكن ممنوعة بقوة أخرى تؤثر في اتجاه مصاد لها فالجسم المتأثر بقوتين متضادتين متساويتين

يكون ساكناً كما لو كان غير متأثر بشيء من القوى غير أن هاتين القوتين المتساويتين المتساويتين الفعل

قادرتان على أن تؤثر أو يمكن إظهار عمل أحدهما بطرح الأخرى فيتحرك الجسم بتأثير القوة

الباقية ويستفاد من ذلك أنه يمكن تمييز القوى إلى قوى محدثة لحركة وقوى مائلة لأن تحدث

حركة ولكنها لاتصل الى ذلك لانها ممنوعة بقوة أخرى فالقوة المحدثه للحركة تسمى العاملة وعلاقتها كس والتي تقيل لأن تحدث حركة تسمى بالقوة العاطلة ومجموع القوة العاطلة والعاملة لا يتغير وهذا هو قانون حفظ القوى ومفهومه أن القوة العاملة تستحيل الى قوة عاطلة وأن القوة العاطلة تستحيل الى عاملة وان مقدار ما يظهر من القوة العاطلة يساوي ما يختفي من العاملة بالاستحالة وبالعكس مقدار ما يظهر من القوة العاملة يساوي مقدار ما يختفي بالاستحالة من القوة العاطلة فاذا رفعنا ثقل ساعة مثلاً فاننا بذل لرفعه كمية من القوة العاملة تنتقل الى هذا الثقل على حالة قوة عاطلة كأنها اختزنت فيه لوقت الاستعمال فاذا سقط هذا الثقل عاد ما فيه من القوة العاطلة الى عاملة وفي ابتداء سقوط هذا الثقل تكون جميع القوة عاطلة ثم تستحيل شيئاً فشيئاً الى عاملة مدة سقوط الثقل وفي انتهاء الحركة يكون جميع القوة العاطلة قد استحالت الى عاملة وفي أى زمن من أزمان سقوط الثقل يكون مجموع ما استحالت من القوة العاطلة الى عاملة وما بقي مساوياً للقوة العاملة التي بذلت في رفعه واختزنت فيه على حالة قوة عاطلة ولم تنعدم القوة التي انتقلت الى الحالة العاملة بل كان جزء منها لمقاومة احتكاك الهواء وآخر لمقاومة احتكاك القطع المختلفة للساعة واحتكاك هذه القطع بعضها ببعض واحتكاك الهواء ببنودول الساعة يحدثان حرارة وبذلك يتبين أن العاملة المستعملة في سقوط الثقل استحالت الى قوى طبيعية أخرى

ولو أمكن قياس الحرارة المنتشرة مدة سير الساعة لوجدت كمية هذه الحرارة مساوية لكمية السعر اللازم لايجاد قوة قادرة على أن ترفع كتلة مساوية في الوزن لوزن الثقل المحرك للساعة ارتفاعاً مساوياً للمسافة التي قطعها الثقل المحرك مدة سقوطه

ومما ذكرناه يؤخذ أن القوى الطبيعية يستحيل بعضها الى بعض وان هذه الاستحالة تحصل بمقادير متكافئة فاذا فرضنا مثلاً أن القوة القادرة على رفع كيلو جرام واحد لارتفاع ٤٢٤ متراً تولد باستحالتها الى حرارة كمية من الحرارة كافية لرفع حرارة كيلو جرام من الماء درجة واحدة فكمية الحرارة الكافية لرفع حرارة كيلو جرام من الماء درجة واحدة اذا استحالت الى قوة ميكانيكية تكون قادرة على رفع كيلو جرام مقدار ٤٢٤ متراً وهذا هو تكافؤ القوى

وقد دلت التجربة على أن القوى الميكانيكية والحرارة والضوء والكهربائية والتفاعلات الكيميائية وسائر القوى الطبيعية يمكن استحالتها بعضها الى بعض فالاحتكاك والعمل الميكانيكي يستحيلان الى حرارة وفي الآلات البخارية يحصل العكس ففيها تستحيل الحرارة الى عمل ميكانيكي وتولد الكهرباء بآلية باحتكاك جسمين وبالحرارة وبالتفاعلات الكيميائية

وقد تولد عملاً ميكانيكاً وحرارة وتفاعلات كيميائية ومع البحث عن تعيين مكافئ كل من هذه القوى بالنسبة لأحداهن مأخوذة وحيدة لم يعرف بالدقة إلا المكافئ الميكانيكي للحرارة فقد دلت أبحاث العالم (جول) على أن كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة تولد باستعمالها إلى عمل ميكانيكي قوة قادرة على أن ترفع ٤٢٤ كيلوجرام متراً ويفصح عن ذلك بأن كل سـ يعر يكافئ العمل الميكانيكي ٤٢٤ كيلوجرام متراً وبالعكس العمل الميكانيكي لقوة ٤٢٤ كيلوجرام متراً يستعملته إلى حرارة تولد حرارة كافية لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة وجميع القوى توجد أحياناً على حالة قوة عاطلة وأحياناً على حالة عاملة فالقوة الميكانيكية مثلاً قد تحدث حركة وقد تنتقل إلى الحالة العاطلة بحسب الأحوال وكذلك قد تصير الحرارة كامنة وهذا هو ما يحصل بتسخين أجسام سائلة أو صلبة فإنها تبعد جزيئاتها فتكسبها توتراً محسوساً بقصان القوة العاملة ويظهر ما اختفى من الحرارة متى رجعت الجزيئات إلى موضعها الأصلي والقوى الكيميائية تنحصر في جذب بين الذرات فإن كانت هذه القوى عبارة عن ميل الذرات للاتحاد فهي عاطلة وتصير عاملة متى حصل الاتحاد وفي الذرات المنفردة والداخلية في متحدات قليلة الثبات قوة عاطلة ضعيفة أو شديدة أي فيها ميل لأن تدخل في مركبات ثابتة فلا وكسجين المنفرد قوة عاطلة هي المسماة بالميل للاتحاد بالأجسام القابلة للتأكسد وباتحاد الأوكسجين تستحيل قوته العاطلة إلى عاملة وهذه تظهر في حالة اتحاد الأوكسجين باليدروجين في صورة حرارة وضوء والماء لا يحتوي على قوة عاطلة محسوسة لأنه مركب ثابت وإذا أريد تحليله أي فصل عناصره وجب إيصال قوة عاملة غريبة إليه كالتيهوائية مثلاً فيكون متحصل التحليل وهو الأوكسجين واليدروجين محتوي على ما وصل إليه من القوة العاملة لفصلهما في صورة قوة عاطلة

ولوضع قانون حفظ القوى في صورة رياضية نرجع إلى المثال السابق ذكره وهو حركة الساعة ونرمز للثقل المحرك بالحرف W وللارتفاع الذي وصل إليه بالحرف h فالنتيجة Wh هو العمل الذي فعل لرفع الثقل للارتفاع h وهو أيضاً القوة العاملة التي صارت عاطلة برفع الثقل فإذا فرضنا مسير الساعة ولا حظناها في وقت من الأوقات فإن الثقل بسقوطه يكون قد قطع المسافة s مثلاً ويكون الباقي من القوة العاملة $h - s$ وتبعاً لقانون حفظ القوى يكون $Wh + h - s = 0$

وإذا استبدلنا W و h بقيمتيهما بالنسبة للقوة العاملة $\frac{W}{M}$ و $\frac{h}{M}$ يحدث $\frac{W}{M} + h - s = 0$ أي أن القوة العاملة التي صرفت زائد القوة العاطلة تساوي القوة

العامله الواصلة للساعة قبل تحركها وهذه القوة الاخيرة ثابتة في كل آلة فاذا رمزنا لها بالحرف

$$\text{نا} \text{ يمكن اخذ المعادلة الآتية بدل السابقة } \frac{\text{ل}}{\text{م}} + \text{ه} = \text{نا}$$

وهذه المعادلة ليست الا صورة رياضية لقانون حفظ القوى واذا اعتبرنا جميع القوى الموجودة

في العالم بدل الساعة أمكن تطبيق القانون السابق على عموم القوى فاذا فرضنا عدة كتل

ك و ك' و ك'' ... الخ متحركة بسرعة س و س' و س'' ... الخ

وفيهما قوة كامنة ه و ه' و ه'' ... الخ يكون (ل' م' و ل' م' و ل' م' ... الخ)

+ (ه و ه' و ه'' ... الخ) = نا واذا أخذنا عن مجموع القوى العامله العلامة

لا (ل' م') وعن القوة العاطلة العلامة لا (ه) يحدث

$$\text{لا (ل' م')} + \text{لا (ه)} = \text{نا}$$

١٥ - تركيب القوى المرتكزة في نقطة واحدة - اذا ارتكزت عدة قوى في نقطة

مادية منعزلة فاما أن تكون اتجاهاتها وطرقها واحدة واما أن تكون اتجاهاتها متضادة مع

اتحاد طرقها واما أن تكون مكونة لزاوية بينهما وفي الاحوال الثلاث تستنتج نتيجة فعل القوى

في النقطة المادية من قاعدة استقلال القوى المؤثرة معا

فصفا اذا كان اتجاه القوتين المؤثرتين في نقطة مادية وطريقيهما واحداتكون نتيجة فعلهما

مساوية لمجموع نتيجة كل واحدة منهما معتبرة على حدتها واذا كان اتجاههما متضادا

فالفعل الناتج يكون في اتجاه أكبرهما ومساويا للفرق بينهما واذا كانت القوتان مكونتين

لزاوية بينهما احداهما متجهة في الاتجاه أب (شكل ٤)

والاخرى في الاتجاه اح فنتيجة فعلهما معا هو نقل النقطة المادية

الى د فان تأثير احدى القوتين وحدها ينقل النقطة ا الى ح

وتأثير القوة الثانية ينقلها الى ب فاذا فرضنا أن القوتين أثرتا

واحدة بعد اخرى فان النقطة المادية تقطع أولا الطريق اح

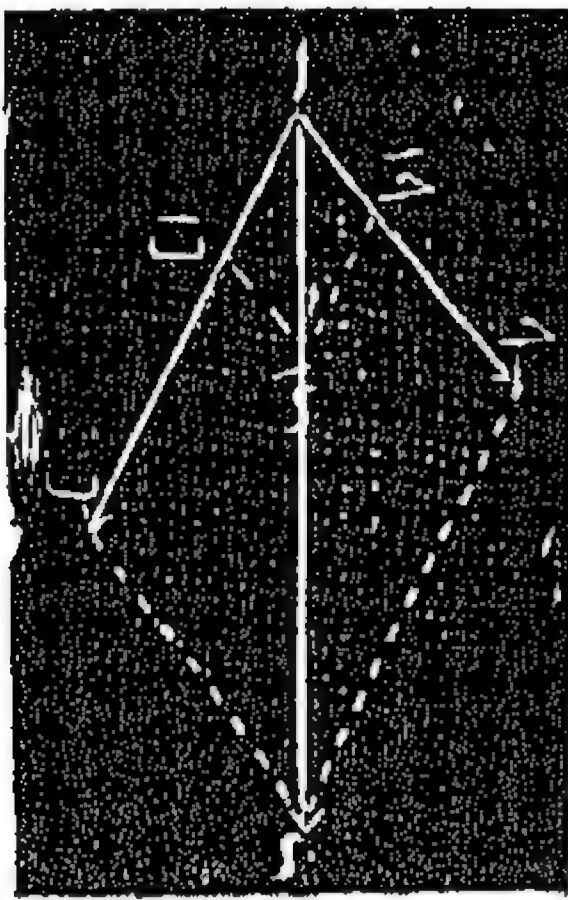
ثم ح د المساوي للطريق أب ويسهل معرفة الطريق الذي

تسلكه النقطة المادية للوصول للنقطة د بأن نقسم تأثير القوى

الى عدة تأثيرات جزئية فاذا فرضنا أن احدى القوتين نقلت في وقت من الاوقات النقطة

المادية الى النقطة ح فالقوة الثانية تنقلها الى ب فتأثير القوتين معا ينقل النقطة الى د

واذا



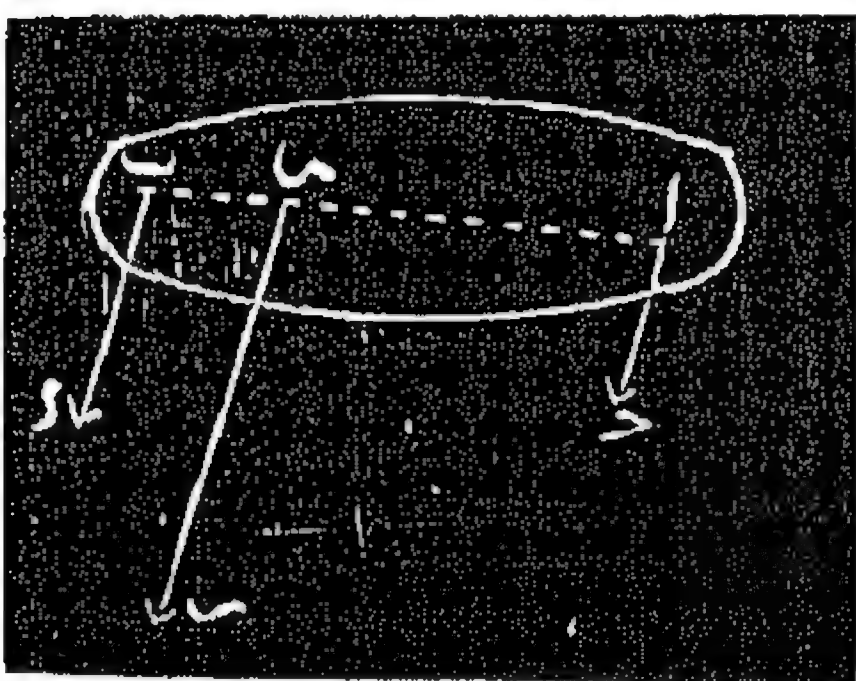
ش ٤

وإذا بحثنا عن المحلات التي شغلتها النقطة المادية في الأزمان المتتابعة بعد ذلك نرى أن هذه المحلات هي خط مستقيم $ا د$ وهو قطر متوازي الاضلاع المرسوم على الخطين $ا ح$ و $ا ب$ وتسمى القوى المؤثرة في الاتجاه $ا ب$ و $ا ح$ بالقوى المركبة ويمكن استبدالها بقوة تؤثر في اتجاه الخط $ا د$ تسمى المحصلة وقانون تركيب القوى المركبة هذا يسمى بقانون متوازي الاضلاع والخطوط $ا ب$ و $ا ح$ و $ا د$ تدل على كبر القوى المركبة والمحصلة وعلى اتجاهاتها وحينئذ فلا فرق من حيث النتيجة بين أن يكون الجسم متأثراً بقوة مساوية في الكبر والاتجاه $ا د$ أو يكون متأثراً بالقوتين $ا ب$ و $ا ح$ معا فيمكن استبدال القوى المركبة بمحصلة أو المحصلة بمائلاهما من القوى المركبة

وإذا كانت النقطة المادية متأثرة بعدة قوى يبحث بالطريقة المتقدمة عن المحصلة لقوتين ثم يركب بالطريقة عينها هذه المحصلة مع قوة ثالثة فقطر متوازي الاضلاع الحديد الذي هو المحصلة للقوى الثلاث يركب مع قوة رابعة وهلم جرا إلى أن تنتهي جميع القوى فالمحصلة الأخيرة تكون هي المحصلة لجميع القوى

ولما كانت الخطوط المستقيمة التي أقيمت لعمل متوازيات الاضلاع تركيب شكلا كثيرا الاضلاع سميت هذه القاعدة الأخيرة قاعدة كثير الاضلاع للقوى ومن قاعدة تركيب القوى هذه يمكن تحليل قوة إلى قوتين بل إلى أكثر من ذلك بأن تعتبر القوة محصلة أولى من مركبتين ثم كل مركبة منهما محصلة قوتين أخريين وهكذا

١٦ - تركيب القوى المركبة في نقط مختلفة - إذا أثرت قوتان متوازيتان من تركزتان في نقطتين مختلفتين من جسم غير قابل للانثناء وكان اتجاههما واحدا كانت محصلتهما مساوية لمجموعهما وموازية لطريقهما ونقطة ارتكاز تلك المحصلة تقسم المسافة بين نقطتي ارتكاز القوتين المركبتين إلى جزأين يكونان على العكس من القوتين فإذا فرضنا $ح$ و $د$ من

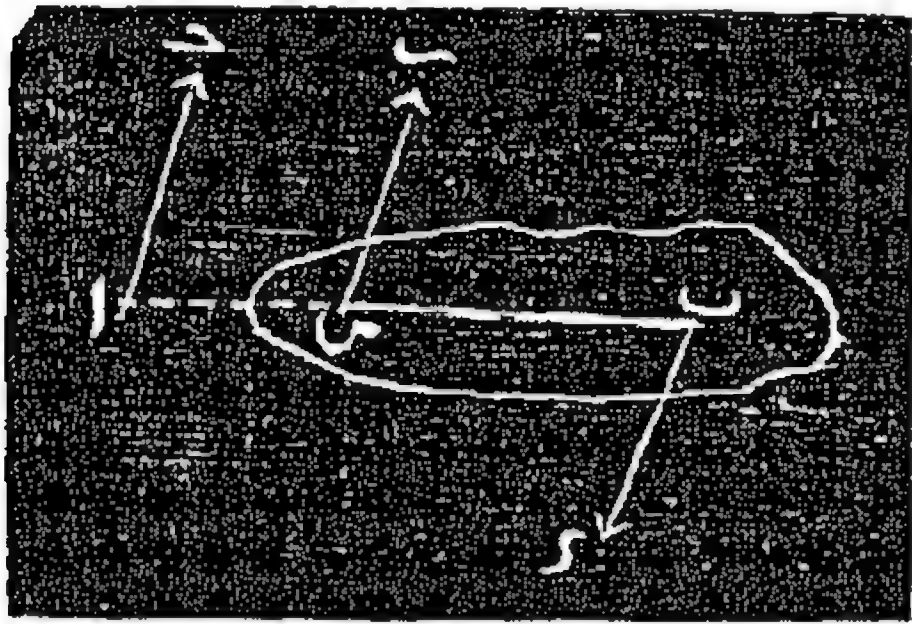


ش هـ

(شكل هـ) القوتين المتوازيتين المرتكزتين في الجسم $ا ب$ فان المحصلة $س$ تكون مساوية لمجموع القوتين $ح$ و $د$ وتقسم $ا ب$ في نقطة ارتكازها $س$ بحيث يكون $\frac{ب س}{ا س} = \frac{ح}{د}$ فإذا كانت القوتان غير متساويتين وكانتا مؤثرتين في اتجاهين متضادين فمحصلتهما تكون مساوية للفرق بينهما وموازية لطريقهما

و. يكون تأثيرها في اتجاه الاكبر منهما ونقطة ارتكاز هذه المحصلة تكون في الخط الواصل

بين نقطتي ارتكاز القوتين بحيث تكون المسافة بينهما وبين نقطتي ارتكاز القوتين المركبتين على



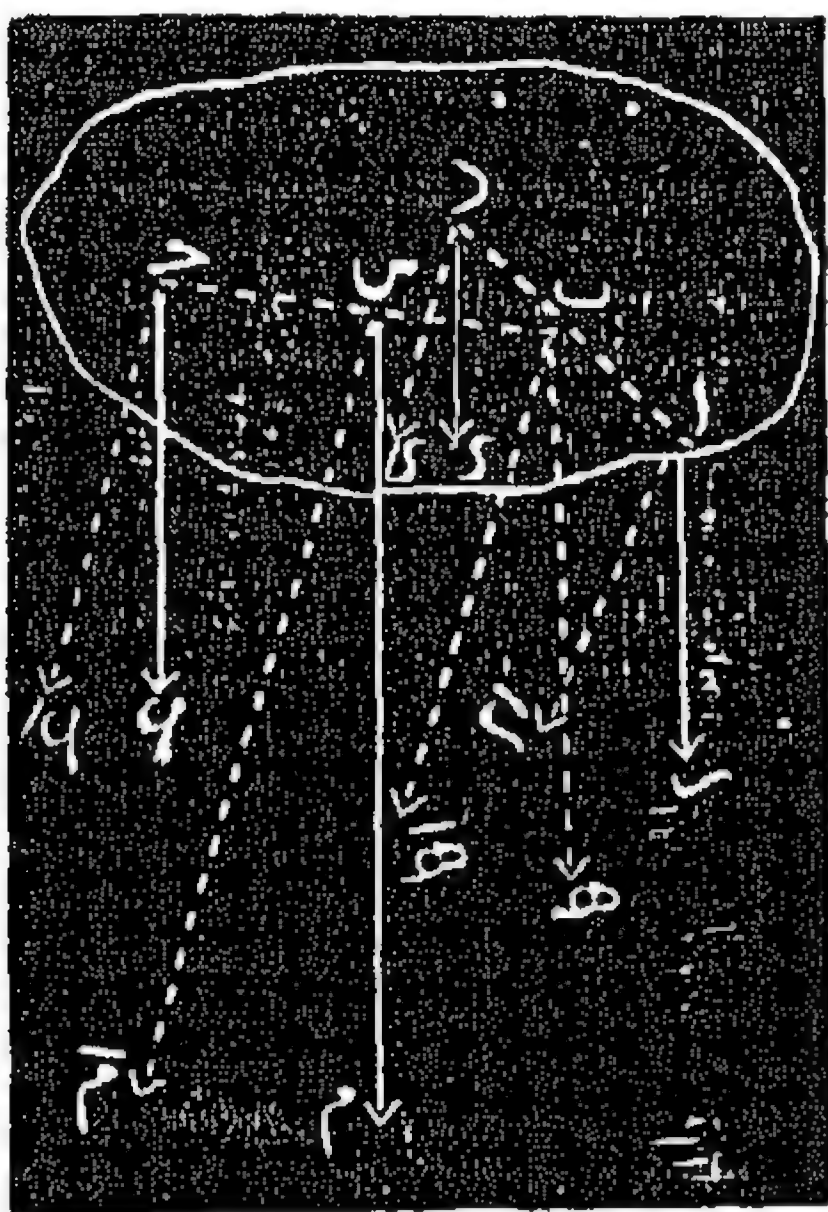
ش ٦

العكس من شدتهما فإذا فرضنا $د$ و $و$ من (شكل ٦) القوتين المتوازيتين مؤثرتين في اتجاهين متضادين ونقطتنا ارتكازهما هما $ب$ و $س$ فالمحصلة $ح$ تكون مساوية للفرق بينهما ومؤثرة في نقطة $أ$ وهي نقطة تقسم الخط $اب$ بحيث يكون $\frac{اس}{سب} = \frac{د}{و}$

وإذا كانت القوتان متوازيتين متساويتين مؤثرتين في اتجاهين متضادين فالمحصلة معدومة وفي هذه الحالة يكون ما يسمى بالزوج وحيد لا يمكن موازنتهما بقوة منفردة ففعل هذا الزوج هو تحريك الجسم بحركة رحولية إلى أن يصير طريق القوتين واحدا مع بقاءهما في اتجاهين متضادين وكل زوج لا محصلة له لا يمكن جعله في موازنة بنقطة ثابتة منفردة بل لابد من نقطتين لمنع حركة دوران الجسم المؤثر به

١٧ - مركز القوى المتوازية - إذا أثرت عدة قوى متوازية متحدة الاتجاه مرتكزة في نقط مختلفة من جسم واحد فلهذه القوى محصلة مساوية لمجموعها ويستدل على نقطة ارتكاز هذه المحصلة بأن يعين نقطة ارتكاز محصلة قوتين من هذه القوى ثم تتركب مع المحصلة الأولى قوة ثالثة ويبحث عن محصلتهما ثم تتركب مع هذه المحصلة قوة رابعة وتستخرج محصلتهما وهكذا فنقطة ارتكاز المحصلة الأخيرة تكون نقطة ارتكاز محصلة جميع هذه القوى

فإذا فرضنا $أ$ و $د$ و $ح$ من (شكل ٧) ثلاث قوى متوازية مؤثرة في جسم ما وأردنا



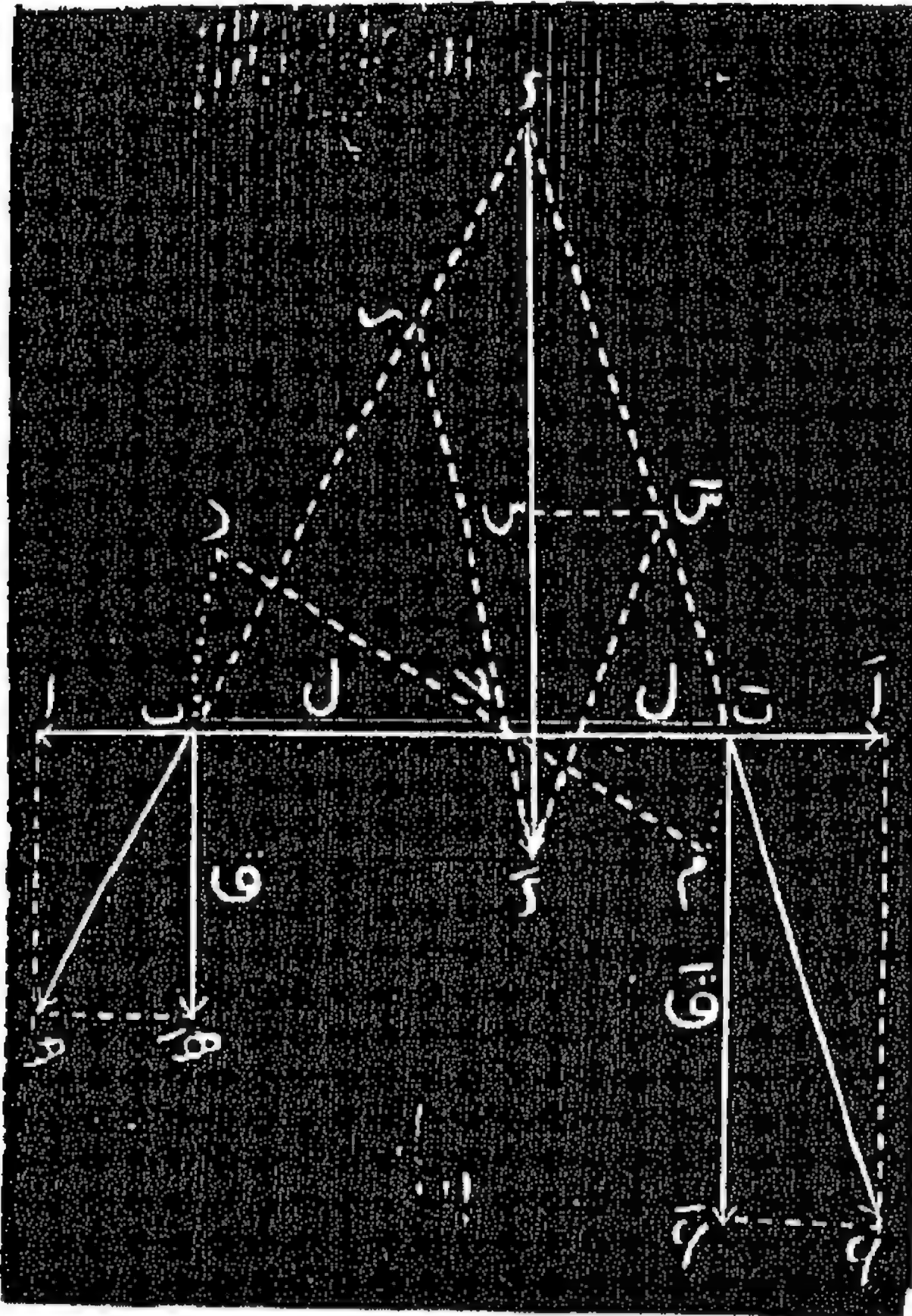
ش ٧

معرفة المحصلة لهذه القوى الثلاث بحثنا عن المحصلة ه للقوتين $أ$ و $د$ وهذا يكون بقسمة $اد$ بحيث تكون النسبة الآتية $\frac{د}{ب} = \frac{أ}{ب}$ ثم يمد خط يوصل نقطة $ب$ وهي نقطة ارتكاز المحصلة ه بالنقطة $ح$ التي هي نقطة ارتكاز القوة الثالثة $ح$ ويقسم هذا الخط بحيث تكون النسبة الآتية $\frac{ه}{س} = \frac{ح}{س}$ فيحصل على نقطة $س$ نقطة ارتكاز $م$ وهي المحصلة العمومية وإذا غير طرق القوى الثلاث مع بقاءها متوازية فإن المحصلة تمر من نقطة الارتكاز عينها بلا تغير وهذه النقطة تسمى بمركز القوى

المتوازية وتسمى بمركز الثقل في حالة التثاقل وإذا فرض أن طريق القوتين مكونان لزاوية

بينهما

بينهما كما هي الحالة في (شكل ٨) بالنسبة لقوتَي ب هـ و ب ع اللتين يكون امتدادهما



ش ٨

زاوية ب د ب يحلل كل من هاتين القوتين الى ثنتين أخريين بحيث تكون اثنتان من المركبتين اب و آ ب متساويتين متضادتين موضوعتين في امتداد الخط ب ب والقوتان الباقيتان ب هـ و ب ع متوازيتين فمجموع هاتين الأخيرتين يساوي محصلة القوتين ب هـ و ب ع وللحصول على هذه المحصلة نمد القوتين الى أن تتلاقيا ولتكن نقطة د نقطة التلاقى ولنفرض أن الخطين المستقيمين ب د و ب ع أعواد صلبة لا ثقل لها مرتبطة من غير تغير بالجسم فن البين أن مثل هذه الاعواد لا تغير حركة الجسم المتأثر بالقوى

وقد علمنا (§ ١١) أنه يمكن نقل نقطة ارتكاز قوة الى أى نقطة في طريقها من غير تغير في حالة سكون وحركة الجسم بشرط أن تكون النقطة الثانية مرتبطة بالاولى من غير تغير فيجوز حينئذ نقل نقط ارتكاز القوي ب هـ و ب ع الى نقطة تلاقى امتدادهما د وبهذه الكيفية تصير القوتان مركبتين في نقطة واحدة وهذه مسألة علمنا كيفية حلها (§ ١٥) واذن نأخذ د س مساويا ب ع و د ر مساويا ب هـ ونرسم متوازي الاضلاع للقوى فنحصل على المحصلة د د وهي تقابل ب ب في نقطة ح فهذه نقطة ارتكاز محصلة القوي ب هـ و ب ع ونقول ان هذه المحصلة تساوي مجموع القوتين المتوازيتين ب هـ و ب ع ولا ثبات ذلك نقيم من نقطة س الخط س س موازيا ب ب فنحصل على المثلثين س د س و س ك س مساويين بالترتيب للمثلثين ع ب ع و هـ ب هـ لمساواة اضلاع وزاويتين مجاورتين في كل من الاولين لاضلع وزاويتين مجاورتين من نظيره من الآخرين وحينئذ يكون

$$د س = هـ ب \text{ و } د ر = ب ع$$

ومن هذه

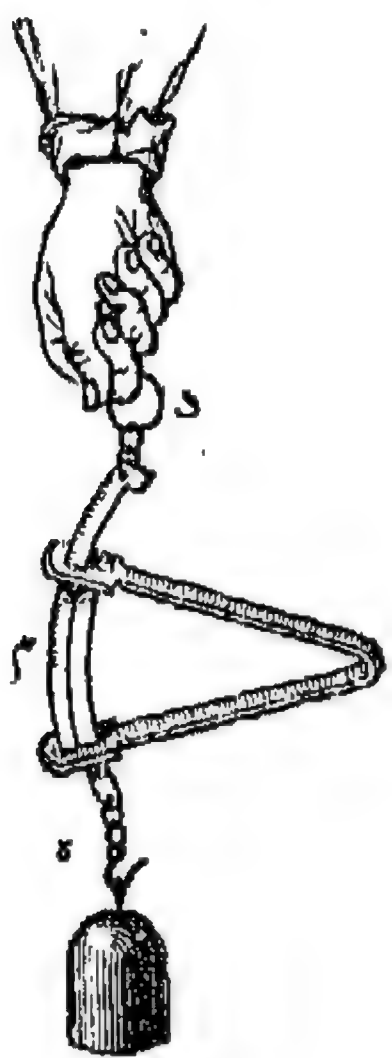
$$د = ب هـ + ب ع$$

١٨ - قياس القوى - يقال للقوتين متساويتان متى أثرتا في جسم وأحدثتا نتائج متساوية في أحوال واحدة ويقال للقوة W انها ضعف أو ثلاثة أمثال الخ القوة W متى كانت هذه القوة W تحدث نتائج مساوية لما تحدثه القوة W مثلين أو ثلاثة أمثال الخ وذلك بتأثيرها في أحوال هي عين الاحوال التي أثرت فيها القوة W ويقال ان نسبة القوة W الى W كنسبة M الى N متى كانت القوة $W = M$ مرة القوة N وأن $W = N$ مرة القوة N

وقد دلت التجربة على امكان استبدال بعض القوى ببعض لاجداث، نتائج واحدة في حصول الحركة وأنه يمكن مقارنة كل قوة باخرى ومقارنة جميعها بقوة تؤخذ أنموذجاً للمقارنة وقد أخذ أصلاً لهذه المقارنة تأثير الثقل في جسم معين درجة حرارته معينة كذلك هو الدينامومتر المكعب من الماء المقطر الذي في درجة $4 +$ وضغط 760 ملليمتر وبعبارة أخرى اخذ لقياس القوة وحدة هي الكيلوجرام والآلات المستعملة لقياس القوة هي الدينامومترات والموازين

١٩ - الدينامومترات - النتائج التي تحصل في الدينامومترات بتأثير القوة وبها تقاس هذه القوة هي تغير في زنبك يختلف شكله باختلاف الدينامومتر فاذا تغير شكل الزنبك بتأثير قوة بدرجة تغيره بتأثير وزن معلوم كانت القوة والوزن متساويين وكان هذا الوزن قياساً لهذه القوة

وقد تم تقدير وحدة القوى أي بالكيلوجرام تسمى شدتها وأحد هذه الدينامومترات (شكل ٩) صفيحة من الصلب قابلة للانثناء في هيئة الرقم الهندي ٧ في كل من طرفيها قوس معدني يمر في فتحة الطرف الآخر من الصفيحة وينتهي أحدهما بحلقة د يعلق منها الجهاز والآخر ينتهي بخطاف ه يعلق فيه الموزون أو تسكي عليه القوة المراد مقارنتها فيعلق في الخطاف وزن ثقله كيلوجرام ثم اثنان ثم ثلاثة وهكذا فتستثنى الصفيحة في كل مرة فيخرج مقدار من القوس المتطرف م يختلف باختلاف هذا الثقل فيوضع عليه في النقطة المقابلة للفتحة البار فيها القوس م الرقم ١ و ٢ و ٣ الخ بحسب ما علق في الخطاف من الوزن وبذلك يكون الجهاز مدرجاً فاذا أريد معرفة شدة قوة به علق الجهاز وأوصلت القوة بالخطاف فتستثنى الصفيحة فان كان هذا الانثناء



ش ٩

يساوي ما يحصل من تأثير كيلوجرام أو اثنين أو ثلاثة الخ كانت شدة القوة ١ و ٢ و ٣ الخ ومن الدينامومتر ما يكون فيه الزنبك شكلاً حلزونياً يرتكز أحد أطرافه على القاعدة العليا ١

من اسطوانة معدنية اب (شكل ١٠) منتهية بخطاف ه والطرف الآخر ينتهي بقرص مستوي ب في مركزه ساق يمر من محور الاسطوانة والحزون وفي طرف هذا الساق حلقة يعلق منها الجهاز فيقدر شدّة القوى المؤثرة في الخطاف يخرج من هذا الساق كمية



ش ١٠

٣٠ - نسبة قوتين ثابتتين احدهما الى الاخرى - نسبة قوتين ثابتتين احدهما الى الاخرى كنسبة المعجلة التي تحدث من تأثير كل منهما في جسم واحد وبيان ذلك نعتبر قوتين و و لهما قياس مشترك هو قوة ف بحيث يكون $و = و$ و $و = و$ ف بهذا يكون $\frac{و}{و} = \frac{و}{و}$ ش ١٠

فاذا أثرت القوة ف وحدها في الجسم أحدثت معجلة يمكن فرضها د فاذا أثرت و قوى معامساوية كل واحدة منهما ف كانت المعجلة أكبر أى مساوية د حيث ان تأثير كل واحدة منها غير متعلق بالآخرى وكذا اذا أثرت و قوى معامساوية كل واحدة منها ف فالمعجلة تكون و وحينئذ لور من المعجلة التي تحدث من تأثير و بالحرف ه والتي تحدث من تأثير و بالحرف ه يكون $ه = و$ و $ه = و$ ومن ذلك $\frac{و}{و} = \frac{و}{و}$ وباستعاضة $\frac{و}{و}$ بمساواه يحدث $\frac{و}{و} = \frac{و}{و}$

٣١ - الكتلة - المعادلة السابقة يمكن كتابتها هكذا $\frac{و}{و} = \frac{و}{و}$ ومن الواضح أنه لو أثرت قوة ثالثة و في الجسم عينه لكانت نسبة هذه القوى الى معجلتها هي عين النسبة المتقدمة وحينئذ يكون بالنظر لجميع القوى المؤثرة في جسم واحد

$$\frac{و}{و} = \frac{و}{و} = \frac{و}{و} \dots الخ = ك$$

فالقيمة ك في هذه النسبة ثابتة وتسمى بكتلة الجسم وبالمعجلة يسمى بكتلة الجسم العدد الدال على النسبة بين قوة ما والمعجلة التي تحدث عنها

واذا اعتبرنا القوة التي تنشأ من تأثير الثقل في الجسم أى وزنه غير منظور الى القوى التي يمكن أن تؤثر فيه ورمزنا للمعجلة التي تنشأ عن هذا الوزن بالحرف ع يكون $\frac{و}{و} = ك$ وحينئذ يمكن أن يسمى بكتلة الجسم نسبة وزنه الى المعجلة التي تحدث من سقوطه بتأثير الثقل وحده واذا فرضنا $ك = واحد$ يكون $و = ع$ ومعنى ذلك أن الوحدة المستعملة لقياس الكتل هي كتلة جسم يكون وزنه في مكان معلوم معبرا عنه بوحدة الوزن والعدد الدال

على المجلة في هذا المكان معبر عنه بوحدة الطول فالمجلة في باريس مثلا ٩,٨٠٨٨ متر
فوحدة الكتلة تكون كتلة جسم وزن في باريس ٩,٨٠٨٨ كيلوجرام

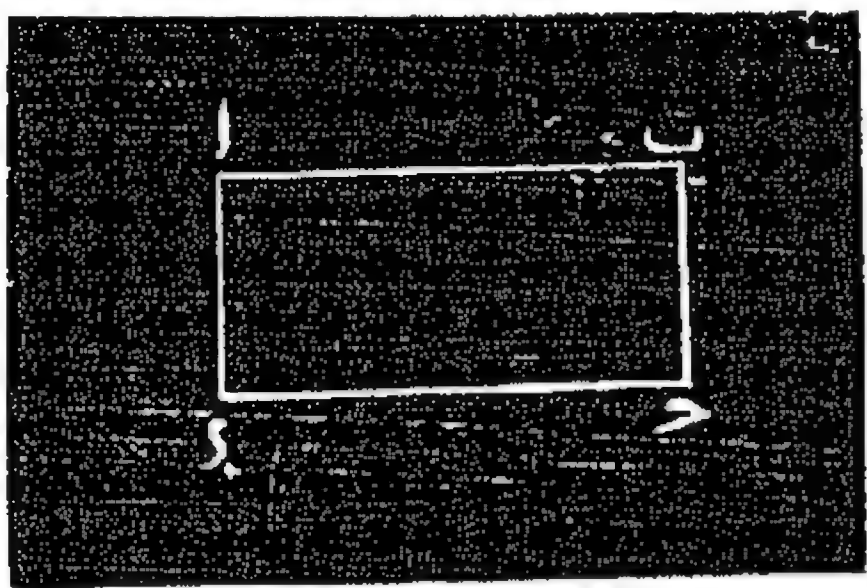
٢٢ - الحركة - الجسم المتحرك هو الذي يشغل مواقع متتابعة مختلفة كالزمن
والنقط المتتابعة التي يشغلها الجسم المتحرك تسمى طريقه والعلاقة الكائنة بين المسافات
المقطوعة في هذا الطريق والازمنة التي قطعها فيها تسمى معادلة الحركة والحركة اما منتظمة
أو متغيرة

٢٣ - الحركة المنتظمة - هي حركة بها يقطع الجسم في الازمنة المتساوية مسافات
متساوية مهما كانت هذه الازمنة وعلى ذلك يمكن معرفة المسافة التي يقطعها جسم متحرك
بحركة منتظمة في زمن تابع معرفة المسافة التي يقطعها هذا الجسم في زمن معلوم
ويصير الجسم متحركا بحركة منتظمة متى منع عنه تأثير القوة المحركة له فيستقر في حركته
بقصوره الذاتي

وتسمى المسافة التي يقطعها الجسم في زمن مساو لالوحدة سرعة الحركة المنتظمة ووحدة
الزمن المستعملة في الغالب هي الثانية وعلى ذلك فيستدل على السرعة بوحدة الطول وهي
التراد إذا كان هو المستعمل لقياس الطول ومن البين أن المسافة التي يقطعها الجسم المتحرك
بحركة منتظمة هي ما يقطعه هذا الجسم في ثانية مضروبا في عدد الثواني التي قطع فيها هذه
المسافة أي هي سرعته مضروبة في الزمن وإذا فعادلة قانون الحركة المنتظمة بعد الرمز للمسافة
والسرعة والزمن على التعاقب بالحرف م و س و ن هي

$$م = س \cdot ن \quad ومنها \quad س = \frac{م}{ن} \quad و \quad ن = \frac{م}{س}$$

والاولى تسمى بمعادلة الحركة المنتظمة ومن هذه المعادلة يستنتج أنه لو أخذ ح د (شكل ١١)



ش ١١

للدلالة على الزمن أي خط يحتوي طوله على عدد من
وحدات الطول بقدر ما يحتوي عليه الزمن المدلول عليه
من وحدات الزمن وأخذنا الخط ب ح العمودي على ح د
للدلالة على السرعة كان مسطح المستطيل أ ب ح د دالا
على المسافة المقطوعة أي كان مسطح هذا المستطيل محتويا

على عدد من وحدات السطوح بقدر ما في المسافة المقطوعة من وحدات الطول

٢٤ - الحركة المتغيرة - يقال للحركة انها متغيرة متى كانت المسافات المقطوعة بالجسم
المتحرك في أزمنة متساوية مختلفة خالة الحركة تتغير من لحظة الى أخرى وسرعة الحركة

المتغيرة

المتغيرة في نقطة معينة هو الحد الذي ينتهي اليه نسبة المسافة الى الزمن الذي قطعت هذه المسافة فيه متى صغر هذا الزمن الى أن قارب الصفر ولبيان ذلك نعتبر مكانين على طريق جسم متحرك بحركة متغيرة ونفرض جسمائنا متحركا بحركة منتظمة يقطع المسافة بين المكانين المأخوذين على طريق الجسم الاول في عین الزمن الذي يقطع فيه هذا الجسم تلك المسافة فن البين أنه اذا تحرك الجسمان في وقت واحد من مكان واحد فانهم ما يصلان الى المكان الثاني في آن واحد كذلك وليس الامر كذلك في وقت بين الابداء والوصول فانهم حينئذ يكونان متباعدين فسرعة الحركة المنتظمة هذه تسمى بالسرعة المتوسطة للحركة المتغيرة في الزمن المعتبر فاذا نقص هذا الزمن فان الاختلاف بين الحركة الحقيقية والحركة المنتظمة يأخذ في النقصان واذا فرضنا أن الزمن أخذ في النقصان الى الصفر فالسرعة المنتظمة المتوسطة تقرب الى قيمة نهائية هي سرعة الحركة المتغيرة في النقطة المعينة

٢٥ - الحركة المنتظمة التغير - قد تتغير السرعة بكمية واحدة في الازمنة المتساوية فتسمى منتظمة التغير وتسمى الحركة المنتظمة التغير منتظمة التقدم أو منتظمة القهقرة بحسب كون السرعة تزيد أو تنقص

وكية تغير السرعة في الثانية الواحدة أي في وحدة الزمن تسمى بالمعجلة وتكون مماثلة للسرعة أو مخالفة لها بحسب كون الحركة منتظمة التقدم أو منتظمة القهقرة ففي المنتظمة التغير يكون ما يحصل من التغير مدة من الزمن متناسبا مع هذا الزمن

فاذا اعتبرنا متحركا وزمننا السرعة الابتدائية بالحرف ص أي سرعته في مبدأ الحساب الزمن ن و زمننا بالحرف هـ للمعجلة أي لتغير السرعة وهي كمية بها تقى الحركة المتغيرة وبالحرف س للسرعة بعد مضي الزمن ن فيكون

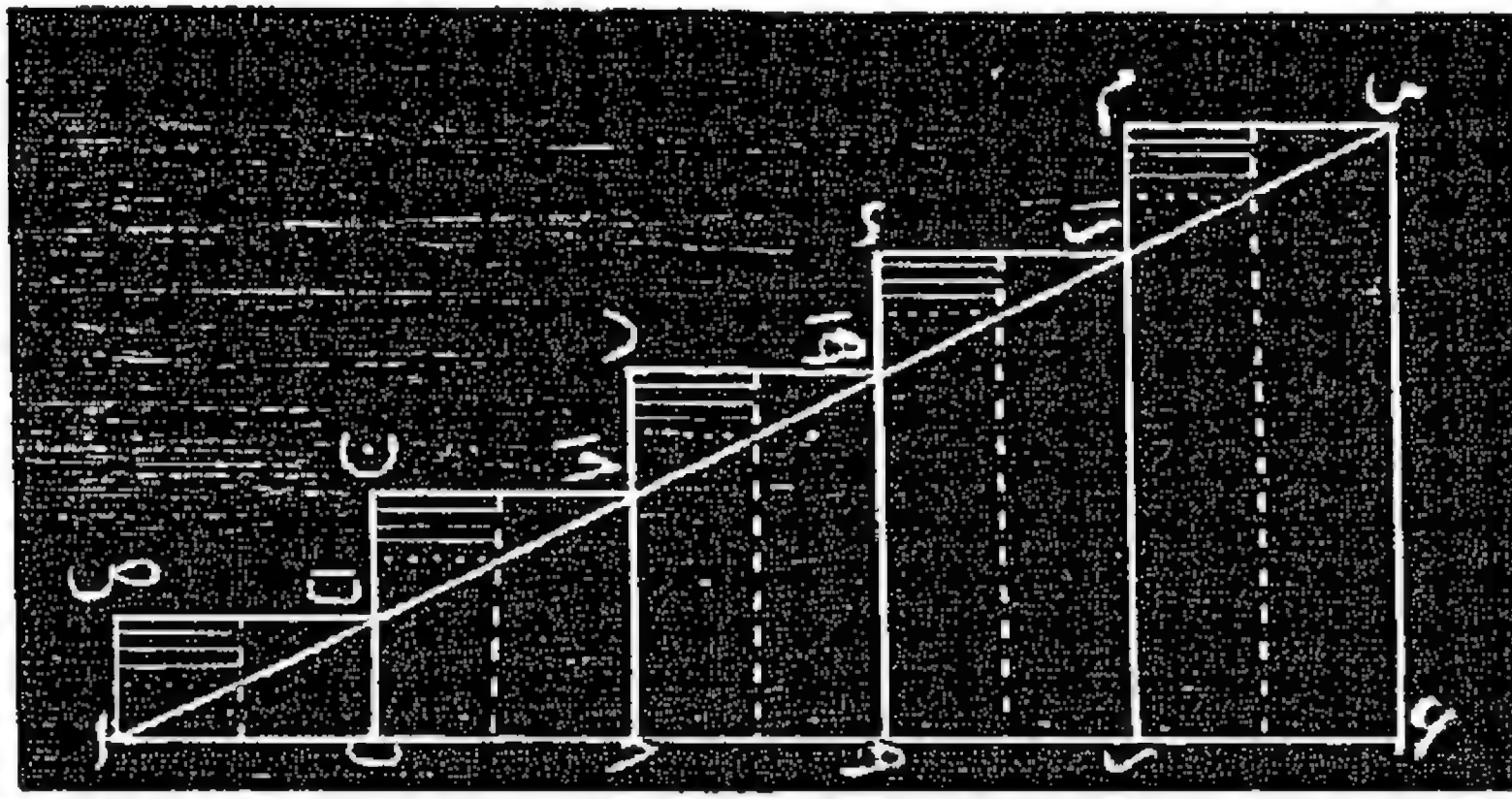
$$س = ص \pm هـ ن \quad (١)$$

والعلامة (+) تقابل الحالة التي فيها الحركة متقدمة والعلامة (-) تقابل الحالة التي فيها تكون الحركة متقهقرة وفي هذه الحالة الاخيرة تنعدم السرعة متى صارت $ص = هـ ن$

وفي المعادلة (١) لو جعل $ص = ٠$ أي جعل مبدأ الحركة المتغيرة والجسم ساكن لصار $س = هـ ن \quad (٢)$

ومن ذلك يتبين أن السرعة المكتسبة بعد زمن يجسم متحرك منتقل من السكون الى الحركة تكون متناسبة مع هذا الزمن

وفي الحركة المنتظمة التقدم تكون المسافة المقطوعة بجسم متحرك منتقل من السكون متناسبة مع مربع الزمن ودستور هذا القانون هو $m = \frac{1}{2} n^2$ وهذه معادلة يتوصل اليها بطرق رياضية وتتصور بطريقة (جليليه) وهي أن يؤخذ الطول a (شكل ١٢) دلالة على الزمن



ش ١٢

والطول a s عموديا على a دلالة على السرعة في انتهاء هذا الزمن ويقسم الزمن a الى أجزاء صغيرة متساوية ab و ac و ad الخ فالسرعة المكتسبة بعد مضي الزمان المدلول عليها بالاطوال a b c d الخ تؤخذ من الاحداثيات الرأسية b c d e f الخ وهي متناسبة مع الزمن كما علمنا وإذا فرضنا أن السرعة في كل جزء من أجزاء الزمن تكون ثابتة ومساوية للتي لا تكون الا في آخر جزء من أجزاء الزمن فالحركة تكون منتظمة والمسافات المقطوعة في الزمنية a b c d e f تكون مدلولة بسطوح المستطيلات ab bc cd de ef الخ والمسافة المقطوعة في الزمن a بمجموع مسطحات سطوح هذه المستطيلات وهو مجموع مختلف عن سطح المثلث القائم الزاوية a s بكل ما هو خارج عن الوتر as

ويستفاد بسهولة أنه بتقسيم الزمن a الى أجزاء أكثر عددا مما قسم اليه قبل يكون الفرق بين سطح المثلث ومجموع مسطحات المستطيلات قليلا ويقل هذا الفرق كلما كثر عدد أقسام الزمن a الى أن تصبح أجزاء الزمن صغيرة جدا فيصير الفرق غير محسوس أي متى صار تغير السرعة مستمرا يكون سطح المثلث دلالة على المسافة المقطوعة في الزمن a ومسطح هذا السطح هو $\frac{1}{2} a \times s$ وحيث أن $a = n$ و $s = s$ (أي السرعة) وان $as = m$ تكون المسافة المقطوعة هي $m = \frac{1}{2} n^2$ $n = \frac{1}{2} n^2$ ويستدل على هذا الدستور أيضا بالكيفية الآتية وهي أن يفرض انقسام الزمن n الى أجزاء متساوية تكون صغيرة جدا حتى أنه يمكن مع صغرها اعتبار السرعة ثابتة تقريبا مدة كل جزء من أجزاء الزمن d وأن تغيرها لا يحصل الا بين كل جزء من أجزاء الزمن وما يتبعه ولنفرض d عدد هذه الأجزاء بحيث يكون $n = d$ فيمكن معرفة المسافات المقطوعة مدة أجزاء

الزمن المتوالية بواسطة معادلة الحركة المنتظمة بشرط أن يضاف إلى السرعة بين كل جزء من أجزاء الزمن وما يتلوها الزيادة الثابتة هـ فيحصل

$$ل = ص د$$

$$ل = (ص + هـ د) د$$

$$ل = (ص + ٢ هـ د) د$$

$$ل = (ص + ٣ هـ د) د$$

$$ل = [ص + (١ - د) هـ د] د$$

ومجموع ل + ل + ل + ل + ل + ... ل ليس شيئاً آخر غير المسافة م المقطوعة في الزمن د وإذا يكون م = ص د + ص د + هـ د + ص د + ٢ هـ د + ص د + ٣ هـ د + ... ص د + (١ - د) هـ د وبجمع حدود هذه المتوالية العددية يحدث

$$م = \frac{(ص د + ص د + هـ د (١ - د) + ص د (د - د))}{٢}$$

$$= \frac{هـ د (١ - د + د)}{٢}$$

وحيث أن د = ن فاذا استبدل د بما ساواه يحدث م = $\frac{هـ د (١ - ن + ن)}{٢}$ ن (ن - د) ومن هذه المعادلة يحصل على قيمة المسافة المقطوعة بالضبط كما كانت قيمة د صغيرة جداً فإذا تناهت قيمة د في الصغر حتى صارت معدومة كانت م = ص ن + $\frac{هـ ن}{٢}$ ن وهي الدستور المراد استخراجها

٢٦ - الرافعة - يسمى بهذا الاسم كل قضيب ذو مقاومة خطي تمنحن أو مستقيم من تركز على نقطة تمنعه عن الانتقال الكلي ولا تمنعه عن التحرك حولها والقوة التي تلزم لمنع هذا الجسم من الانتقال تستنتج مما تقدم ذكره فإن كانت القوى المحركة متوازية واتجاهاتها واحدة وجب أن تكون مقاومة نقطة اتكائها مساوية لمجموع القوتين وان كانت القوتان متوازيتين ولكنهما مختلفتا الاتجاه وجب أن تكون مقاومة نقطة الاتكاء مساوية للفرق بينهما ومتجهة في اتجاه أصغرهما وان كانت القوتان مكوّنتين لزاوية كما في (شكل ٨) وجب أن تكون مقاومة نقطة الاتكاء مساوية لمجموع القوتين المركبتين ب هـ و ب ع وإذا لم يكن القصد الامنع حركة انتقال الرافعة فليس من المهم اختيار نقطة دون غيرها للاتكاء

الرافعة عليها وليس الامر كذلك اذا قصد منع حركة الانتقال وحركة الدوران معا في هذه الحالة يلزم اتكاء الرافعة على النقطة ح التي تمر بها محصلة القوى المحركة فبوضع نقطة اتكاء الرافعة في نقطة مامن الخط ب ب غير التي تمر منها المحصلة للقوى المحركة تمتنع حركة انتقال الرافعة ولا يمتنع دورانها

وموضع النقطة ح من الخط ب ب يتعلق بنسبة عظم القوتين المتوازيتين ب هـ و ب عـ ولتعيين هذه النقطة يلاحظ أن المثلثين د ح ب و ب هـ هـ متشابهان وكذا المثلثان د ح ب و ب عـ واذن يكون

$$\frac{\text{ب هـ}}{\text{د ح}} = \frac{\text{ب ع}}{\text{د ح}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{ب هـ}}{\text{د ح}} = \frac{\text{ب ع}}{\text{د ح}}$$

واذا لاحظنا أن $\text{هـ هـ} = \text{ع ع}$ بالوضع وجعلنا $\text{ب هـ} = \text{ق}$ و $\text{ب ع} = \text{ق}$ و $\text{ب ح} = \text{ل}$ و $\text{ل} = \text{ل}$ يحدث

$$\frac{\text{ل}}{\text{ق}} = \frac{\text{ل}}{\text{هـ هـ}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{ل}}{\text{ق}} = \frac{\text{ل}}{\text{هـ هـ}}$$

ومن الاولى يستخرج

$$\text{ل ق} = \text{هـ هـ} \times \text{د د}$$

ومن الثانية يستخرج

$$\text{ل ق} = \text{هـ هـ} \times \text{د د}$$

ومن هاتين الاخيرتين يحدث

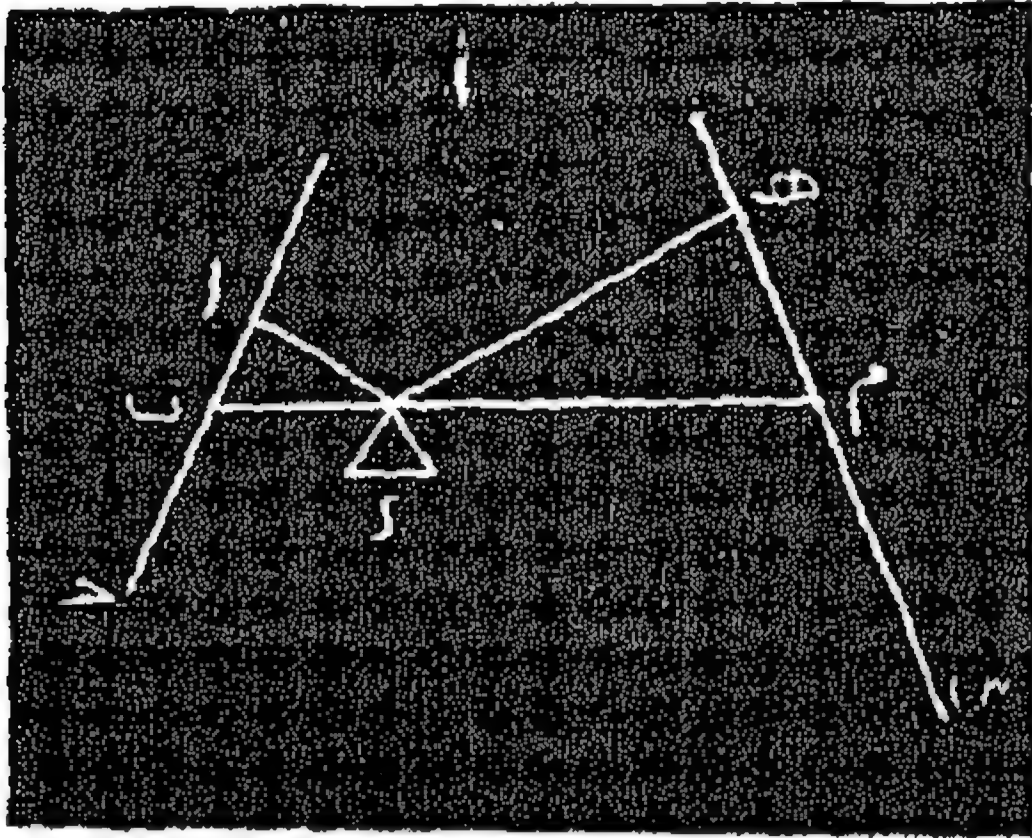
$$\text{ل ق} = \text{ل ق}$$

ومسافتا ل و ل اللتان بين نقطة استناد الرافعة ونقطتي ارتكاز القوتين تسميان بذراعي الرافعة وعلى ذلك يمكن الافصاح عن القانون الذي دلت عليه المعادلة الاخيرة بأن الرافعة المتأثرة بقوتين متوازيتين محركتين لهما في اتجاهين متضادين لا تكون في حالة موازنة الا اذا كان حاصل ضرب أحد ذراعي الرافعة في القوة المقابلة له يساوي حاصل ضرب الذراع الآخر في القوة المقابلة له وبعبارة أخرى الا اذا كانت القوتان على النسبة العكسية من ذراعي الرافعة ولا يصدق هذا القول الا اذا كانت القوى متوازية وكانت نقط ارتكازها ونقطة اتكاء الرافعة على خط مستقيم ولكنه يصير قانونا عاما يصدق على الروافع المنحنية والمتعرجة المتأثرة بقوى متوازية وغير متوازية اذا اعتبرت عزة القوى فيصير منطوق هذا القانون أن

الرافعة

الرافعة المتأثرة بقوتين تحدثان فيها حركات دوران في اتجاهين متضادين لا يصير متوازنة الا اذا كانت عزتا القوتين متساويتين

وعزة القوة اسم لحاصل ضرب القوة في العمود الساقط من نقطة اتكاء الرافعة على الخط الدال على طريق القوة فحاصل ضرب القوة بـ ح (شكل ١٣) بالعمودى اى الساقط من د



ش ١٣

التي هي نقطة اتكاء الرافعة على الخط حـ وهو طريق القوة يسمى عزة القوة فتكون الرافعة في توازن اذا كان $ب \times ا = ح \times م$ وجرى اصطلاح علماء الميخانيكا بتسمية احدى القوتين اللتين تميلان لأن تحدثا حركات في اتجاهات متضادة موجبة والاخرى سالبة فتبعاً لهذا الاصطلاح يكون منطوق قانون موازنة

الروافع ان الرافعة يلزم لكونها في موازنة أن يكون المجموع الجبرى لعزتي القوى معدوماً وهذا المنطوق يصدق مهما كان عدد القوى وينبغى الدلالة على هذا القانون العمومى بهذه المعادلة الجبرية

$$ب \times ا + ح \times م = د \times و$$

د و رمز للعمودين الساقطين من نقطة اتكاء الرافعة على طريقى القوتين ب و ح مع اعطاء احدى عزتي القوى علامة الزيادة والاخرى علامة النقصان

واذا لم يكن مجموع عزتي القوى معدوماً فان الرافعة تتحرك فاذا فرضنا اختلال الموازنة بازدياد احدى القوتين بـ عـ (شكل ٨) فان الطرف بـ للرافعة ينخفض الى أن يصير فى م مع كون الطرف بـ يرتفع الى أن يصير فى د ونسبة القوتين بـ م و دـم بعضهما الى بعض كنسبة ذراعى الرافعة المتقابلين حـ و حـ الى بعضهما وفى ذلك دلالة على ان انتقال نقطة ارتكاز القوى عند اختلال الموازنة يكون بسرعه نسبة بعضهما الى بعض كنسبة أذرع الرافعة المقابلة لها ولا تعود الموازنة الا اذا كانت القوى على النسبة العكسية من المسافات بينها وبين نقطة اتكاء الرافعة واذا فالقوة التى تلزم لاختلال الموازنة تكون على العكس من ذراع الرافعة المرتكزة هذه القوة فيه ويستنتج من ذلك أن القوى التى تؤثر فى الذراع الاطول تكون أصغر وأن السرعة التى بها يحصل انتقال نقطة ارتكاز هذه القوة تكون أكبر فالقوة اـ المؤثرة فى الذراع القصير تكون عظيمة فعزمها ينوب عن السرعة الضعيفة التى تكسبها الحركة نقطة ارتكازها فاذا فرضنا أن فى نقطة م (شكل ٨) ثقلاً

يراد رفعه وفي نقطة د يد تضغط على ذراع الرافعة ففي هذا الوضع تكون القوة اللازمة لاحداث الموازنة صغيرة وتكون أصغر كلما كان ذراع الرافعة المتأثر بالقوة أطول من ذراع الرافعة المتأثر بالثقل فإذا حصل في ضغط اليد ازدياد ارتفاع الثقل ولكي يرتفع من م الى ب يلزم اليد أن تقطع المسافة من د الى ب ونسبة هذه الى المسافة م ب كنسبة ب ح الى ح ب وإذا فرضنا أن الثقل موضوع في ب واليد في ب يلزم أن تكون نسبة قوة اليد الى الثقل كالنسبة بين الذراع ب ح و ح ب كي تحصل الموازنة وإذا ازداد ضغط اليد ارتفع الثقل من ب الى د وانخفضت اليد من ب الى م وفي الحالتين يرى انه اذا وضع الثقل في الذراع القصير فالقوة اللازمة لرفعه تكون أصغر من ثقله ولكن المسافة التي يقطعها هذا الجسم تكون أصغر من المسافة التي يقطعها اليد وبالعكس اذا وضع الثقل في الذراع الطويل فرفعه يحتاج الى تأثير قوة أعظم من ثقله تؤثر في الذراع القصير ولكن المسافة التي يقطعها الثقل تكون أطول من المسافة التي يقطعها نقطة ارتكاز القوة المؤثرة في الذراع القصير ولذلك كان من القواعد الأساسية في علم الميكانيكا أن ما يكتسب في القوة يخسر في المسافة وما يكتسب في المسافة يخسر في القوة

٢٧ - أنواع الروافع - الروافع ثلاثة أنواع بحسب وضع نقطة اتكاء الرافعة بالنسبة لنقطتي تأثير القوتين المؤثرتين فيها واحدى هاتين القوتين تميز باسم القوة لانها تحدث تحركا فإذا قيل قوة قصد بذلك السبب المحرك للرافعة والذراع الذي تؤثر فيه يسمى بذراع القوة والثانية تميز باسم المقاومة لانها تقاوم تأثير القوة الاولى والذراع الذي تؤثر فيه يسمى بذراع المقاومة فالذراع ب ح (شكل ٨) المتأثر باليد يسمى بذراع القوة لوقوع تأثير القوة وهي اليد في طرفه ب والذراع ح ب يسمى بذراع المقاومة لان الثقل المؤثر في ب يقاوم تأثير القوة فإذا كانت نقطة اتكاء الرافعة متوسطة أى بين نقطة ارتكاز القوة ونقطة تأثير المقاومة فالرافعة من النوع الاول ومثالها الميزان المعتاد وميزان القبان وبكرة البئر ونحو ذلك وإذا كانت المقاومة بين نقطة اتكاء الرافعة ونقطة ارتكاز القوة فالرافعة من النوع الثاني ومثالها المتجمل ومكسر البندق والمجذاف وشبهها وفي هذه الرافعة تكون الفائدة للقوة لوقوع تأثيرها على ذراع أطول من الذراع المتأثر بالمقاومة

وإذا كانت نقطة ارتكاز القوة بين نقطة اتكاء الرافعة ونقطة ارتكاز المقاومة فالرافعة من النوع الثالث ومثالها صمام الآمن في الآلات البخارية والملاقط والجفت وفي هذه الرافعة يكون الربحان للمقاومة لوقوع تأثيرها في ذراع أطول من الذراع المتأثر بالقوة

وفي تركيب بنية الانسان أمثلة متعددة من الروافع غالبها من النوع الثالث فالعظام في البنية هي الاعواد الصلبة والعضلات بمنزلة القوى والمفاصل بمنزلة نقط الارتكاز

فعظم زند الانسان عند انثناء الساعد على العضد رافعة من النوع الثالث نقطة اتكائها المرفق واليد هي المقاومة والعضلة العضدية ذات الرأس الثلاثة المؤثرة في الطرف العلوي لعظم الزند هي القوة وتحرك هذه الرافعة عسر لقرب نقطة الاتكاء من القوة ولذلك جعلت العضلة ذات ثلاثة رؤس لحماية لتكون بمنزلة ثلاث عضلات فتكون قوية وحركة انبساط الزند سريعة لانه رافعة طويلة نقطة اتكائها قريبة من مفصل المرفق

المقالة الثانية

مقدمة

٣٨ - طبيعة التثاقل - يسمى بالتثاقل القوة التي بها تميل الاجسام للسقوط نحو الارض

وسبب حركة الاجسام السماوية هو عين سبب سقوط الاجسام على سطح الارض فهذه القوة العمومية سبب حركة العالم تسمى بالجذب العام وبالتثاقل العام والتثاقل الارضي حالة خصوصية منه

ولا يتأتى نسبة التثاقل في المادة ذات الوزن الى قوة فيها تتحرك بها المادة لان المادة قاصرة فلا يمكنها أن تتحرك بنفسها وانما هو بناء على الآراء الحديثة العهد نتيجة حركة ذرات الاثير المحيط بالمادة ذات الوزن من جميع الجهات وقرعها الهافي كل لحظة ومن الظاهر أنه اذا كان هذا القرع غير متماثل حول جزيء أو جسم فان الجسم يتحرك في اتجاه محصلة القرع الاكثر شدة وهذا يحصل متى تقابل الجسمان فان عدم تساوي شدة القرع الواقع على الجسمين يكون متجهها بكيفية بها يحصل تقارب هذين الجسمين

ويؤثر التثاقل بشدة واحدة في جميع الاجسام مهما كانت طبيعتها غير أن نتيجة هذا التأثير تختلف خصوصا باختلاف حالات المادة ولذلك نرى من الواجب تقسيم ظواهر التثاقل الى ثلاثة أقسام مقابلة لحالات الاجسام الثلاث موازنة الاجسام الصلبة وموازنة الاجسام السائلة وموازنة الاجسام الغازية

٣٩ - كمية الحركة والعمل والقوة العاملة - رأينا (§٢١) أن $\frac{v}{h} = k$ ومنها $v = h k$ ومن ذلك يؤخذ أن القوة تقاس بحاصل ضرب كتلة الجسم المؤثرة هي فيه بالمجالة التي تكسبها هذه القوة للجسم وحينما تكون القوة ثابتة تكون الحركة منتظمة المجالة ورأينا (§٢٣) أن في مثل هذه الحركة يكون $s = h n$ ومنها $\frac{v}{s} = \frac{h}{n}$ وباستبدال h في المعادلة (١) بما ساواها يحدث $v = s k$ (٢) فحاصل ضرب كتلة الجسم المتحرك في سرعته $s k$ بعدمضى الزمن n يسمى بكمية الحركة

ونعلم أن المسافة المقطوعة في الزمن n بالقوة v هي

$$m = \frac{1}{2} v n \quad (٣)$$

فباستبدال h بما ساواها $\frac{v}{k}$ مستخرجاً من المعادلة (١) يحدث

$$m = \frac{1}{2} \frac{v}{k} n \quad (٤)$$

وبحذف n من المعادلة (٢) و (٤) يحدث

$$m = \frac{1}{2} \frac{v}{k} \quad \text{ومنها} \quad m = \frac{1}{2} \frac{v}{k} \quad (٥)$$

وتدل هذه العلاقة على أنه في أى وقت من الحركة يكون حاصل ضرب شدة القوة الثابتة في طول المسافة التي قطعها الجسم بتأثيرها في اتجاهها من وقت الحركة مساوياً لنصف حاصل ضرب كتلة الجسم في مربع السرعة المتحرك بها الجسم في الوقت المقصود

ويسمى في علم الميكانيكا المتحصل m أى حاصل ضرب القوة v في المسافة m التي قطعها الجسم في اتجاه القوة بعمل القوة ويسمى بالقوة العاملة المتحصل $\frac{1}{2} \frac{v^2}{k}$ أى نصف كتلة الجسم k في مربع السرعة المتحرك بها الجسم واذن فالعلاقة بين العمل والقوة العاملة هي أن عمل القوة يساوى القوة العاملة

المطلب الاول

ما يتعلق بالاجسام الصلبة

الخواص العمومية للاجسام الصلبة

٣. - التماسك والمرونة - الخاصتان المهمتان في الاجسام الصلبة هما التماسك والمرونة فبالتماسك يكون لها شكل معين وبه لا يمكن فصل بعض اجزائها عن بعض أو تغيير أشكالها بالجهود وبالمرونة تتحمل الاجسام الصلبة لمقاومة كل سبب خارجي يحدث تغيرا في شكلها وبها تعود الاجسام لأشكالها الأصلية متى زال السبب المغير لها وبجهود المرونة يساوى ويزداد شدة السبب المغير لشكل الجسم

وبأقل مجهود لازم لفصم الجسم تقاس قوة التماسك أى المتانة اذ يقصد بالمتانة حد منتهى مقاومة الجسم لفصمه وتختلف أنواع المتانة باختلاف طرق الفصم وتسمى مقاومة الفصم بالشدة متانة محضة ومقاومة الفصم بالانشاء متانة نسبية ومقاومة التفتت صلابة وجميع أنواع المقاومة لا تنقاد لقانون واحد فالزجاج مثلاً فيه مقاومة محضة أشد من التى فى الصمغ المرن ومقاومة الزجاج لفصمه بالثنى أقل بكثير من مقاومة الصمغ المرن

والمتانة المحضة هى المستعملة فى العادة لقياس قوة التماسك ولما كانت مقاومة الجسم لفصمه بشده متناسبة مع قطاع هذا الجسم أخذ للدلالة على شدة التماسك الوزن اللازم لفصم الجسم حالة كون قطاعه مليمتر مكعب وهذا يسمى عامل المتانة المحضة أو التماسك وتختلف شدة التماسك باختلاف الاجسام ففي الصلب المصهور تبلغ شدة التماسك ٨٤ كيلوجرام تقريبا وفى الرصاص تبلغ ٢ كيلوجرام وأشد الانسجة تماسكا العظام والأربطة ومتانة العضلات أقل من متانتها سما وقد قدر (فرانسيم) تماسك بعض أنسجة الانسان فكانت فى العظام ٨٠٠٠ كيلوجرام وفى الاوتار ٦٠٢٥٠ كيلوجرام وفى الاعصاب ١٣٥١ كيلوجرام وفى الاوردة ١٨٥ كيلوجرام وفى الشرايين ١٣٧ كيلوجرام وفى العضلات ٤٥ كيلوجرام وذلك فى حالة الغضاضة ودلت أبحاث (فرانسيم) على أن التماسك يقل كلما تقدم السن اذ وجد تماسك عظم الشظية لرجل سنه ٣٠ سنة ١٥٠٣ كيلوجرام ووجد تماسك العظم نفسه عند رجل بلغ سنه ٧٤ سنة ٤٣٣٥ كيلوجرام ووجد متانة

العضلة الخيطية عند طفل عمره سنة واحدة ١٧٠ و كانت عند رجل بلغ ٧٤ سنة ١٧٠٠ .
والجفاف يزيد أيضاً متانة الأنسجة كثيراً وقد بين (جليليه) أن القضبان المجوّفة تقاوم
الانقسام بالثني أكثر من القضبان المصمتة التي من مادتها وسطوح قطاعها العمودية
متساوية ومن السهل فهم هذا الفرق النسبي لأن القطر الخارجي يكون أعظم في القضبان
المجوّفة منه في المصمتة فيكون ذراع الرافعة المرتكزة فيه المقاومة أطول ومع ذلك فهناك حد
نسبي لا يتعداه ازدياد القطر الخارجي والاقلة المقاومة إذ ترق جدران القضبان فتميل للانشاء
والانعطاف وقد أبان (جسيار) أن مقاومة الأسطوانة المجوّفة تكون في أعلى درجة
متى كانت نسبة الشعاع الخارج الى الشعاع الداخل كنسبة ١١ الى ٥ ومن الظاهر
أن القضيب الذي يكون فيه عدّة تجاويف طويلة يكون فيه أيضاً من أيا الأنايب المجوّفة من
حيثية المقاومة النسبية وبذلك يرى امكان ازدياد المقاومة النسبية لجسم من غير حصول
ازدياد في وزنه وبالعكس يمكن نقصان الوزن من غير نقص المقاومة وفي العالم أمثلة متعددة
لهذه الأوضاع التي اصطحبت فيها الخفة والمقاومة فسيقان بعض النباتات وريش بعض
العصافير والعظام الطويلة كلها عبارة عن أناييب مجوّفة ومعظم قطع الهيكل العظمي
ذو تجاويف وبذلك أمكن بكمية معينة من العظام ازدياد مقاومتها النسبية مع حصول اتساع
في سطوحها وهي محل اندغام العضلات .

هذا لمعرفة متانة الأنسجة الحيوانية أهمية في الطب العملي فكثيراً ما نطراً أحوال يحتاج فيها
الجراح والطبيب الشرعي الى معرفة القوة الخارجة الممكن تأثيرها في أجزاء الاجسام الصلبة
أو الرخوة من غير خطر ومعرفة مقدار الاستطالة والانشاء الممكن حصوله في هذه الأجزاء
إذا حدثت قوة معلومة كسر أو غيره

ومن معرفة عامل المتانة المحضة ك وقطر الجسم ط يمكن معرفة المقاومة قا التي تحصل
في فصم الجسم بالشد بهذه المعادلة

$$قا = ك ط$$

وقانون المقاومة النسبية أي المقاومة التي تحصل في فصم قضيب بالثني يكون طوله ل وعرضه
ص وارتفاعه ه هو

$$ن = ك \frac{ص ه^2}{ل}$$

وفي هذه المعادلة ك عامل المتانة المحضة و ل طول القضيب وبالأحرى المسافة بين نقطة

ارتكاز

ارتكاز المقاومة ونقطة ارتكاز القوة وإذا كان قطاع القضيب اسطوانيا كانت المعادلة المتقدمة هكذا $u = k \frac{P}{L}$ P رمز اشعاع محيط الدائرة

٣١ - المرونة - هي ميل جزيئات الاجسام الى العود الى مواضعها متى امتنع عنها تأثير القوى الغريبة المغيرة لحالة موازنتها والقوة التي بها يميل الجسم لأن يعود الى شكله وحجمه الاصلين تسمى قوة المرونة وعلى ذلك كلما كان المجهود اللازم لتغيير شكل جسم عظيمًا كانت قوة مرونته عظيمة وكلما استحكم عود الجسم الى شكله الاصلى كانت مرونته تامة ولا علاقة بين قوة المرونة ودرجة تماميتها فن الاجسام ما تكون قوة مرونته عظيمة ومرونته غير تامة وذلك كالفضة والرصاص ومنهما مرونته تامة وقوة مرونته قليلة وذلك كالصمغ المرن والعضلات والانسجة الوعائية ومنهما ما تكون قوة مرونته عظيمة ومرونته تامة وذلك كالصلب والزجاج

والمشهور عند الناس تسمية اجسام تامة المرونة قوة مرونتها صغيرة كالصمغ المرن بكثيرة المرونة وهي تسمية غير ملائمة للاصطلاح داعية للالتباس اذ يراد من تسمية الجسم بكثير المرونة أنه يقبل الانثناء كثيرًا من غير أن يفقد خاصية عوده الى شكله الاصلى

وانواع المرونة متعددة بتعدد كيفية تغيير أشكال الاجسام فهناك مرونة شدة ومرونة ضغط ومرونة ثني ومرونة لى ومهما كان نوع المرونة فقوتها تقاس بكبر المجهود اللازم لاجداث تغيير شكل الاجسام تغييرا معينًا يكون واحدًا في جميع الاجسام بشرط أن يكون هذا التغيير وقتيا وأما درجة تمامية المرونة فتقاس بكبر القوة التي تلزم لاجداث تغيير في شكل الجسم تغييرا معينًا بحيث لا يعود الجسم الى شكله الاصلى بعد زوال تأثير هذه القوة عنه

وأهم قوانين مرونة الشد هو أن الاستطالة التي تحصل في الجسم متى شد في اتجاه طوله تكون متناسبة مع قوة الشد في حالة تساوى جميع أحوال التجربة ولا يكون هذا القانون محكما الا في حد معين فاذا ازداد الثقل المحدث للشد وتعدى حدا معينًا فان الاستطالة تصير أقل من ازدياد الثقل بل ويشاهد هذا التفاوت في الاجسام السهلة الانثناء كالصمغ المرن والعضلات والانسجة الوعائية وفضلا عن ذلك يشاهد في العضلات أن قوة مرونتها تختلف بحسب كونها في حالة انقباض أو انبساط فان قابلية انثناء العضلات تزداد بانقباضها وفي هذا شاهد على نقصان في قوة مرونتها ودلت التجربة على أن قوة اللى متناسبة مع زاوية اللى أى أن مرونة اللى منقادة لنفس قانون مرونة الشد

ولمقارنة قوى مرونة الاجسام المختلفة بعضها ببعض يبحث عن الوزن اللازم لحصول كمية استطالة واحدة في الاجسام متحدة الطول والقطر واتفقوا على أن المرونة تكون عدد وحدات الوزن اللازم لاستطالة جسم طوله يساوى الوحدة وقطره يساويها أيضا مقداراً يساوى الوحدة كذلك وهذا العدد يسمى عامل المرونة

ولا أهمية لاختيار وحدة للطول اذا الجسم يحتاج الى وزن واحد ليصير طوله ضعف ما كان سواء كان طوله متراً أو المليمتر لان القضيب الذى طوله متر هو عبارة عن قضيب مكون من ١٠٠٠ قضيب طول كل واحد منها المليمتر فاذا استطال قضيب طوله متر متراً آخر أى اذا صار طوله مترين كان كل متر من أجزائه قد استطال مليمتر آخر وليس الاخر كذلك من حيث القطر لانه اذا اعتبرنا قضيبين طولهما واحد وقطاع أحدهما المليمتر مربع والاخر سنتيمتر مربع فلا استطالتهم بمقدار واحد يلزم تعليق ثقل فى الثانى يساوى ما يعلق فى الاول مائة مرة لان الثانى عبارة عن قضيب مركب من مائة قضيب قطاع كل واحد منها المليمتر ومن البين أنه اذا كان القضيب الذى قطاعه مليمتر مربع يحتاج الى كيلو جرام مثلاً ليصير طوله ضعف ما كان فان مائة قضيب من هذه القضبان مجمعة تحتاج الى مائة كيلو جرام كي تصير أطوالها ضعف ما كانت

حينئذ يلزم فى تعيين عامل المرونة اختيار وحدة القطر ووحدة الوزن وجرى العادة بأن يؤخذ المليمتر المربع ووحدة القطر والكيلوجرام وحدة للوزن

فاذا قيل ان عامل مرونة الصلب ١٨,٠٠٠ كان معنى ذلك أن طول سلك من الصلب قطاعه المليمتر مربع يصير ضعف ما كان بتأثير قوة شد فيه قيمتها ١٨,٠٠٠ كيلوجرام وفى العادة يتعسر حصول استطالة عظيمة كهذه لان معظم الاجسام تنقسم بتأثير أوزان أصغر مما يلزم لحصول استطالتها قدر طولها ومع ذلك فمن السهل معرفة عامل مرونة الشد من غير استعمال قوة كافية لحصول ازدواج فى طول الجسم وذلك بمعرفة قطاع الجسم وما يحصل فيه من الاستطالة بتأثير وزن معلوم حيث كانت الاستطالة متناسبة مع الوزن وقانون مرونة الشد محصور فى هذه المعادلة $L = \frac{1}{E} \cdot \frac{P}{A}$ ل رمز ما يحصل فى الجسم الذى طوله ط وقطره ق من الاستطالة و E عامل المرونة

ويحتاج فى بعض الاحيان الى معرفة كمية تسمى عامل الاستطالة المرنة وهى الاستطالة التى تحصل فى جسم طوله يساوى الوحدة وقطاعه يساويها أيضاً بتأثير وزن يساويها كذلك فاذا رمز لهذه الكمية بالحرف D كانت العلاقة الآتية $L = D \cdot \frac{P}{A}$

ودرجة

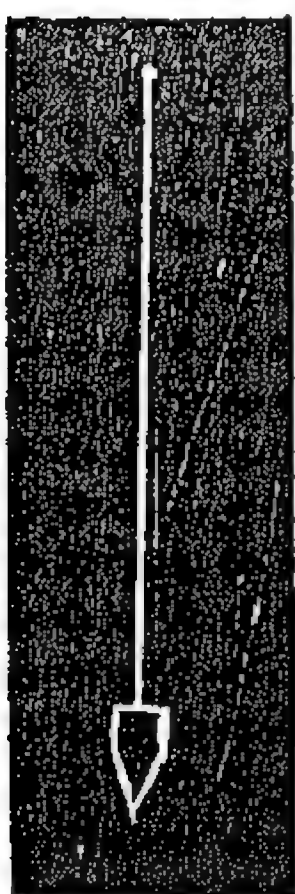
ودرجة تمامية المرونة تعين بالبحث عن الوزن اللازم لاجداث تغير ثابت يكون صغيرا جدا وهذا الوزن بعد درته الى وحدة القطر يسمى حدا المرونة

وكل جسم استطال يزداد حجمه وبذلك تنقص كثافته لان ما ينقص من قطر الجسم بالاستطالة أقل مما يحصل فيه من الاستطالة وقد رأى بعض المحررين أن نسبة ما يحصل من الانقباض في القطر الى الاستطالة هي $\frac{1}{4}$ وعلى رأى البعض $\frac{1}{3}$ وضغط الاجسام يزيد في كثافتها لانه ينقص من حجمها ومن الاجسام ما ينضغط بنفسه كظاهرة انقباض العضلات وفي هذه شوهة أيضا نقص قليل في حجمها وهالك جدول لا يشمل على عامل المرونة وعامل الاستطالة لبعض المنسوجات التي دلت عليها البحوث (فرانسيم)

عظم	عامل المرونة	عامل الاستطالة
عظام	٢٣٠٤,٦٦٦	٠.٠٠٠٤٣٤
أوتار	٠.١٦٣٨٤١	٠.٠٠٠٦٢
أعصاب	٠.٠١٨,٨٩	٠.٠٠٥٢٨
عضلات حية في حالة تسكون	٠.٠٠٠,٩٥	١.٠٠٥٢٦
أوردة	٠.٠٠٠,٨٦٣	١.١٥٨٧
شرايين	٠.٠٠٠,٠٥٢	١٩,٢٣٠٨

ودلت أبحاث (ورتيم) على أن عامل مرونة الأنسجة العضلية ينقص بانقباضها ودلت أبحاث (فرانسيم) على أن عامل مرونة العضلة التي ماتت من عهد قريب أو بعيد أقل من عامل مرونة العضلة من حيوان قتل وقت التجربة

٣٣ - اتجاه الثقل - كل جسم متى ترك وشأنه يسقط بتأثير التناقل ويتبع في سقوطه



خطا مستقيما اتجاه عمودي يسمى بالخط السمتي أو بالخط العمودي ولتعين الخط السمتي المار من نقطة يعلق عليها خيط قابل للانشاء معلق في طرفه جسم ما (شكل ١٤) كقطعة من الرصاص مخروطية الشكل فهذا الخيط يأخذ بتأثير قوة الثقل المؤثرة في الجسم اتجاه القوة المؤثرة فيه أي الاتجاه العمودي ولذلك يسمى الخط السمتي باتجاه خيط الرصاص

وقد أفادت التجربة أن الخط السمتي في أي نقطة من نقط الأرض يكون عموديا على سطح الماء الساكن وحيث أنه لا شبهة في كروية سطح المياه المغطية لمعظم الكرة الأرضية فامتداد الخط السمتي لأي نقطة من نقط الأرض يمر بمرکز الكرة الأرضية

ومن ذلك يعلم أن الخطوط السمئية غير متوازية بل بين كل خط وآخر زاوية تختلف على حسب المسافة الأفقية الكائنة بين الخطين وكان عدم التوازي هذا مجهولاً قبل الوقوف على كروية الأرض ولا يكون عدم التوازي محسوساً إلا إذا كانت المسافة الأفقية بين الخطين السمئيين متسعة فسعة الزاوية المكونة من خطين سمئيين بعيداً أحدهما عن الآخر بمسافة ٣٣٣ كيلومتر هي ٣° وتكون ١° إذا كانت المسافة ١١١ كيلومتر وتكون (أ) دقيقة إذا كانت المسافة بينهما ١٨٦٠ متر ولا تكون الاثنائية واحدة (أ) إذا كانت المسافة ٣١ متر وإذا اعتبرنا خطين سمئيين أو أكثر لا جسام موجودة في مكان واحد كقاعة مثلاً كانت الزاوية غير محسوسة أي كانت هذه الخطوط متوازية ومن باب أولى أن تكون الخطوط السمئية لجزيئات جسم واحد متوازية

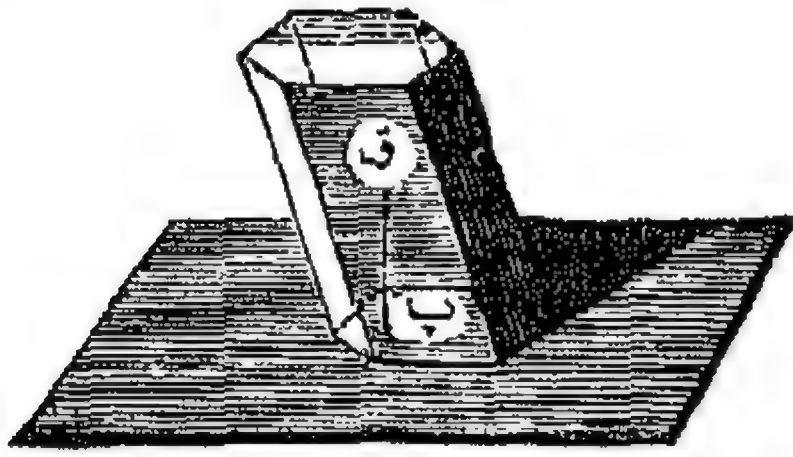
٣٣ - محصلة قوى التثاقل ووزن الجسم - للقوى المتوازية المتجهة اتجاهها واحداً المؤثرة في النقاط المختلفة من جسم محصلة موازية لها متجهة اتجاهها ومساوية في الشدة لمجموعها وحينئذ فلقوى التثاقل المؤثرة في النقاط المختلفة من جسم واحد محصلة عمودية متجهة من أعلى إلى أسفل ومساوية لمجموع قوى التثاقل المؤثرة في جميع جزيئات الجسم وتسمى هذه المحصلة وزن الجسم وعلى ذلك فوزن الجسم هو محصلة التأثيرات الجزيئية للتثاقل

٣٤ - مركز الثقل - محصلة مجموع القوى المتوازية خاصة هي أنها تمر بنقطة ثابتة لا تتغير مهما كان اتجاه هذه القوى بالنسبة للجسم بشرط بقاء هذه القوى موازياً لبعضها البعض وبقاء النسبة التي كانت بين شدتها وهذه النقطة تسمى بمركز القوى المتوازية وتسمى في حالة تأثير القوى الجزيئية للتثاقل في النقاط المختلفة لجسم واحد بمركز الثقل فمركز الثقل لجسم هو نقطة يمر منها دائماً محصلة قوى التثاقل المؤثرة فيه مهما كان وضعه في الفضاء وفي أي نقطة من نقاط الأرض ولمعرفة مركز الثقل أهمية في حل المسائل التي لتأثير التثاقل دخل فيها إذ يمكن في كل جسم أخذ المحصلة العمودية أي وزنه واعتبارها مركزة في مركز ثقله بدل القوى الجزيئية للجسم المركزة في النقط المختلفة منه

٣٥ - تعيين مركز الثقل - متى كان الجسم متجانساً أي متى كان وزنه أجزائه المختلفة واحداً مع تساوي حجوماتها منتمياً ببسطوح هندسية محددة فعلم الميكانيكا يريشد إلى القواعد التي بها يتعين مركز ثقله

ومن الأحوال ما يتعين فيها مركز الثقل بسهولة فإن كان الجسم مركزياً شكل كان هذا المركز مركز الثقل أيضاً فمركز الكرة هو أيضاً مركز شكلها ومركز المربع والمستطيل ومتوازي الاضلاع

ولا تعود اليه كما كانت وفيما اذا كان الجسم موضوعا على سطح يتفق أنه لا يلامس هذا السطح الا بنقطة واحدة من نقطة وذلك كالكرة الموضوعة على تحفة فن أجل أن يكون هذا الجسم في موازنة يلزم أن العمود المار بمركز الثقل يمر من نقطة تلامس هذا الجسم والسطح



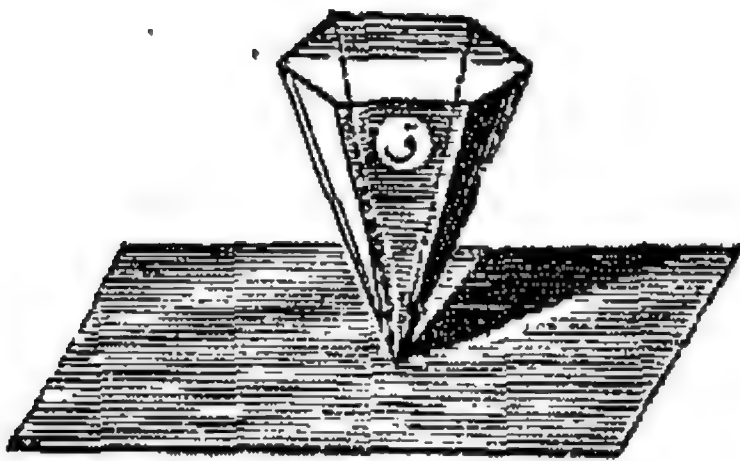
ش ١٦

فإذا كان الجسم ملامسا للسطح من عدة نقاط (شكل ١٦) فيلزم لكون الجسم في موازنة أن يسقط العمود المار من مركز الثقل في السطح الكثير الاضلاع المتكون من توصيل نقط الملامسة اثنتين اثنتين وهذا السطح يسمى بالقاعدة

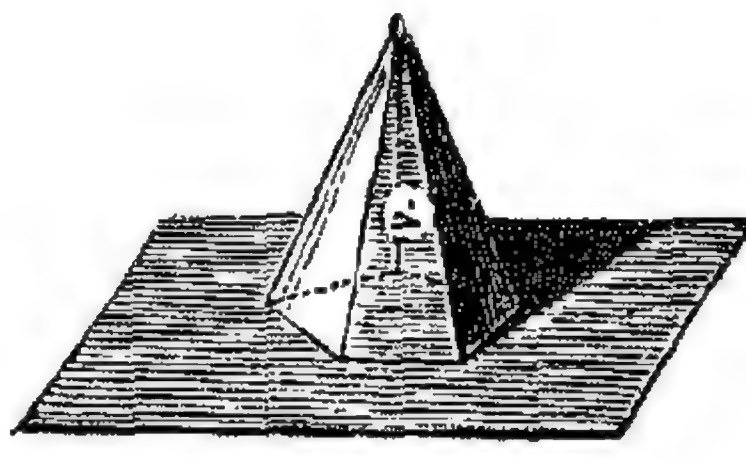
والجسم الموضوع على سطح يكون في إحدى حالات الموازنة الثلاث في موازنة متعادلة اذا كان مركز ثقله لا يرتفع ولا ينخفض بتغيير وضعه على هذا السطح ومثال ذلك كرة متجانسة موضوعة على سطح (شكل ١٧)

وفي موازنة مستمرة اذا كان على وضع بحيث يكون مركز ثقله أسفل منه في الاوضاع الاخر ومثال ذلك الجسم الهرمي الشكل الموضوع بقاعدة على سطح (شكل ١٨)

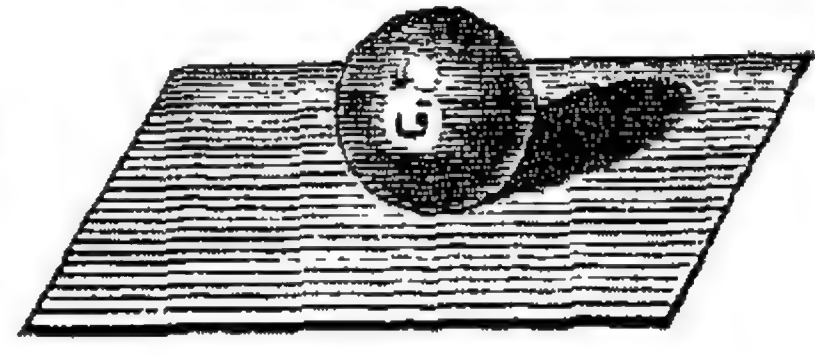
وفي موازنة غير ثابتة اذا كان في وضع فيه مركز ثقله أعلى منه في الاوضاع الاخر ومثال ذلك جسم هرمي الشكل موضوع على سطح بقمته (شكل ١٩)



ش ١٩



ش ١٨



ش ١٧

وبالجملة فتقن أن الجسم من تركزا على سطح فانه يكون أعظم ثباتا كلما كان مركز ثقله أسفل وكلما كانت قاعدته أوسع

سقوط الاجسام

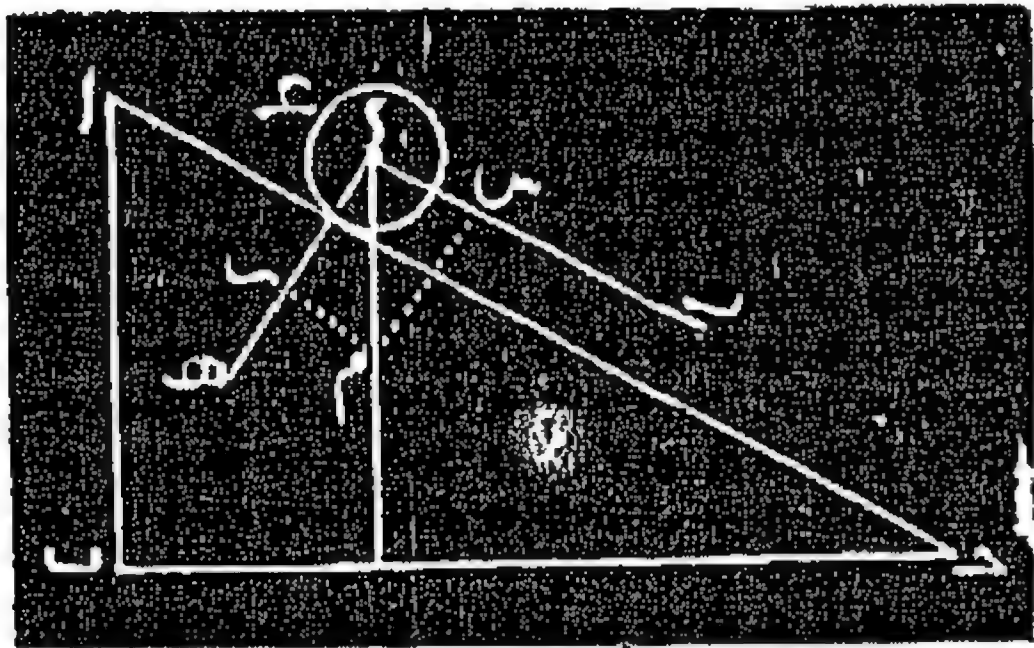
٣٧ - سقوط الاجسام في الفراغ - بسقوط أجسام مختلفة في الهواء يشاهد في معظم الاحيان أنها تقطع مسافات متساوية في أزمنة مختلفة فالقطعة من الحجر تصل الى الارض في وقت أقل مما تصل فيه قطعة من الورق تسقط من مثل الارتفاع الذي سقطت منه قطعة الحجر وقطعة الورق نفسها اذا كانت بطوية في هيئة كرة تسقط في وقت أقرب منه اذا كانت منشورة

ومن

ومن هذا المثال الأخير يتبين أن اختلاف سرعة سقوط الأجسام في الهواء ليس ناتجاً عن اختلاف أوزانها فان وزن الورقة منشورة هو عين وزنها مطوية

وقد أثبت (جليليه) بتجاربه أن الفرق الذي يشاهد في سقوط الأجسام من ارتفاع واحد في الهواء متسبب عن مقاومة الهواء ووضع قانوناً هو أن جميع الأجسام الساقطة في الفراغ تحتاج إلى أزمنة متساوية لتسقط من ارتفاع واحد أي أن الأجسام الساقطة في الفراغ تقطع في الأزمنة الواحدة مسافات متساوية من بدء الحركة ولا تأثير لطبيعة المادة ولا ثقلها ولا اختلافها وزناً وكثافة ولا ثبات هذا القانون بطريقة عملية تستعمل أنبوبة من بلور طولها متران تقريباً يسد طرفاه بإسدادين من نحاس قدر كبح في أحدهما حنفية ويدخل في هذه الأنبوبة قطع من أجسام مختلفة كخردق الرصاص وقطع من الفلين والورق وزغب الريش ثم تركيب هذه الأنبوبة على الآلة المفرغة ومتى عمل الفراغ فيها تقفل الحنفية وترفع الأنبوبة ثم تنكس دفعة واحدة بحيث يصير طرفها السفلي علوياً فيشاهد سقوط ما فيها في آن واحد وإذا فتحت الحنفية قليلاً بحيث يدخل فيها قليل من الهواء فإنه يشاهد سقوط بعض هذه القطع عقب بعض فإذا فتحت عن آخرها كان سقوط هذه القطع في الأنبوبة كسقوطها وهي في الهواء المطلق

٣٨ - قوانين السرعة والمسافة - التناقل قوة مستمرة وإذا فالحركة الناتجة عنه حركة منتظمة العجلة وقد دلت القوانين المنقادة لها هذه الحركة على أن السرعة المكتسبة لجسم ساقط سقوطاً مطلقاً $v = \frac{m}{t}$ ثواني هي $s = \frac{m}{t}$ وان المسافة المقطوعة في هذا الزمن هي $m = \frac{1}{2} s^2$ بمعنى أن السرعة المكتسبة متناسبة مع الزمن وان المسافة المقطوعة متناسبة مع مربع الزمن ولتحقيق هذين القانونين تقاس مسافات يقطعها الجسم في أزمنة متعاقبة غير أن أحكام هذا القياس لا يتأتى إذا كان الجسم ساقطاً سقوطاً مطلقاً بسبب سرعة هذا السقوط ولذلك تستعمل عدة وسائل وألة (أود) وجهاز (مورن)



ش ٢٠

٣٩ - السطح المائل - هو سطح يكون مع الأفق زاوية وليست سرعة حركة الأجسام المتحركة عليه كسرعة حركة سقوطها المطلق وإبان ذلك نفرض جسماً موضوعاً على سطح مائل (شكل ٢٠) فهذا الجسم بتأثير التناقل فيه يسقط بسرعة أعظم كلما كانت زاوية الميل بحد المتكونة من هذا السطح والأفق أوسع

لان هذا الجسم لو كان مطلق الحركة لتبع في سقوطه الطريق العمودية $د م$ ولكنه لوجود السطح المائل $ا ح$ لا يقدر أن يتحرك الا في الاتجاه $ا ح$ ولعرفة مقدار القوة التي تحدث هذه الحركة تحلل القوة المؤثرة في مركز الثقل $د$ وهي وزن الجسم الى $د س$ عموديا على السطح المائل و $د س$ موازية له متبعا في ذلك قاعدة متوازي الاضلاع ومن البين أن الجسم لا يمكنه أن يتحرك في اتجاه القوة $د س$ فهي اذا معدومة بمقاومة السطح وعملها انما هو ضغط الجسم على هذا السطح وأما القوة $د س$ فهي التي بها يسقط الجسم في الاتجاه $ا ح$ وحيث ان المثلث $د س م$ قائم الزاوية يكون $د س = د م \times ح ا د م س$ ونلاحظ أن $د م$ ليس شيئا آخر غير وزن الجسم و وان زاوية $د م س$ تساوي زاوية $ح$ لكون $د م$ عموديا على $ب ح$ و $س م$ عموديا على $ا ح$ فباستبدال $د م$ و $د س$ في المعادلة السابقة بما ساواهما نصير $د س = و ا ح$ (١)

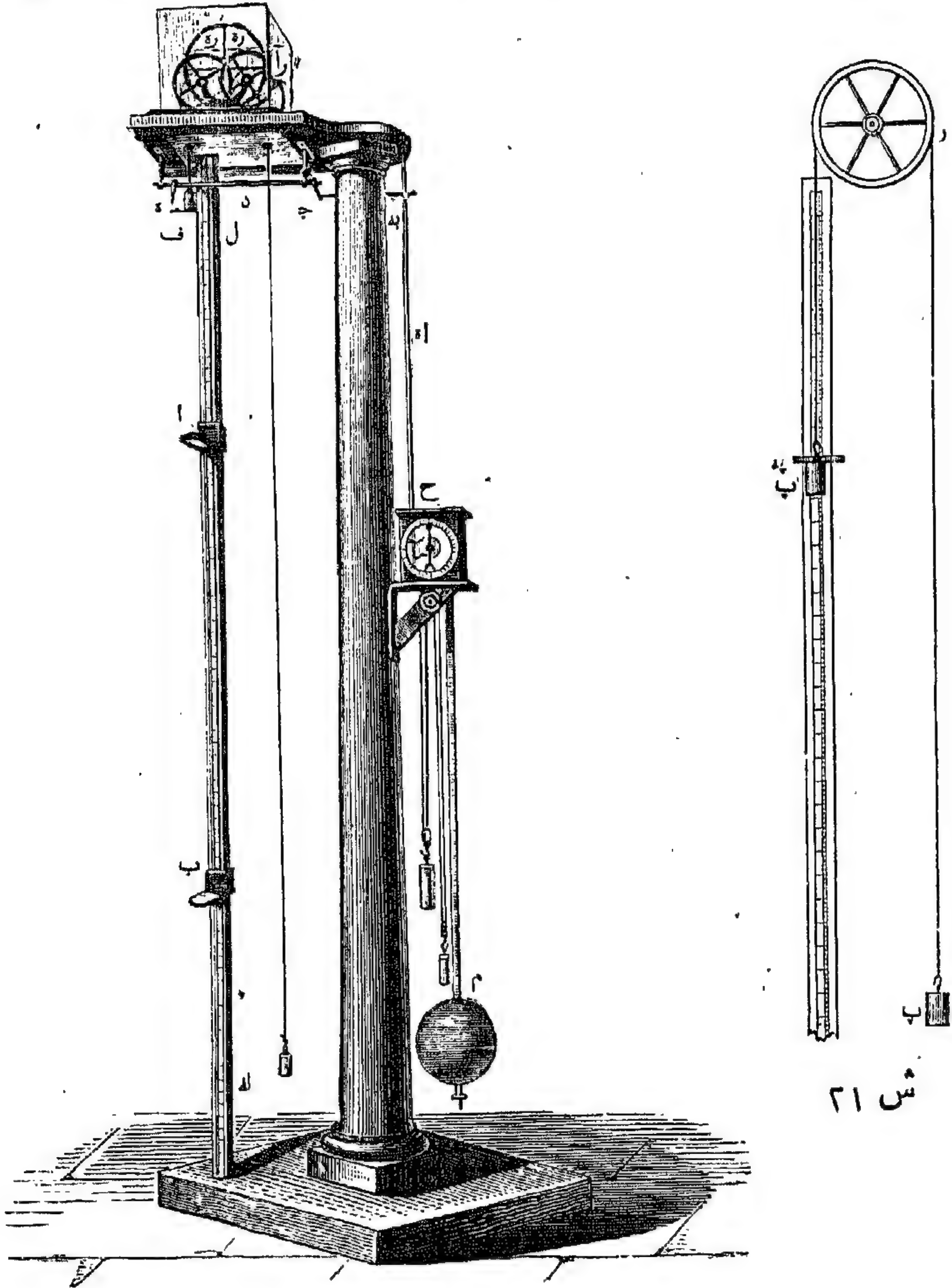
ومن هذه المعادلة يتضح ان القوة التي تؤثر في سقوط جسم على سطح مائل تتعلق بزاوية ميل هذا السطح فان صار جيب الزاوية $خ$ مساويا للوحدة وهذا يحصل متى كان $ا ح$ عموديا على $ب ح$ فان القوة التي بها يسقط الجسم تكون مساوية لوزنه أي يكون سقوطه في هذه الحالة مطلقا وبمقابلة المثلثين المتشابهين $د م س$ و $ا ح ب$ بعضهم ما ببعض يتحصل على المعادلة الآتية $\frac{د س}{د م} = \frac{ا ح}{ب ح}$ (٢)

ومن هذه المعادلة يتبين ان نسبة المسافة التي يقطعها الجسم في سقوطه على السطح المائل الى المسافة التي يقطعها في سقوطه المطلق كنسبة القوة المؤثرة في سقوطه المطلق الى القوة المؤثرة في سقوطه على السطح المائل فيستنتج من ذلك أن السرعة المكتسبة للجسم بعد قطعه المسافة $ا ح$ تكون مساوية للسرعة المكتسبة بعد سقوطه المطلق من $ا$ الى $ب$ لانه وان كانت القوة التي بها يسقط الجسم موازيا للسطح $ا ح$ صغيرة من جهة فانها من جهة أخرى أثرت مسافة طويلة

وبالجملة فان للجسم الساقط من ارتفاع معلوم بتأثير الثقائل سرعة مكتسبة واحدة أي كانت المسافة التي قطعها ومن المعادلة (٢) يتبين أن نسبة القوة $و$ التي بها يسقط الجسم على السطح المائل الى وزنه $و$ كارتفاع السطح المائل الى طوله فاذا صغر ارتفاع السطح مرتين أو ثلاثا أو أربع الخ كانت قوة سقوط الجسم أصغر من وزنه مرتين أو ثلاثا أو أربع الخ ولا ينبغي على ذلك تغير في قوانين السقوط فان القوة $و$ من طبيعة الثقائل وهي جزء منه وبذلك يمكن تثبيت سرعة الجسم بتصغير ارتفاع السطح المائل وقياس المسافة المقطوعة في ثانية

واثنتين

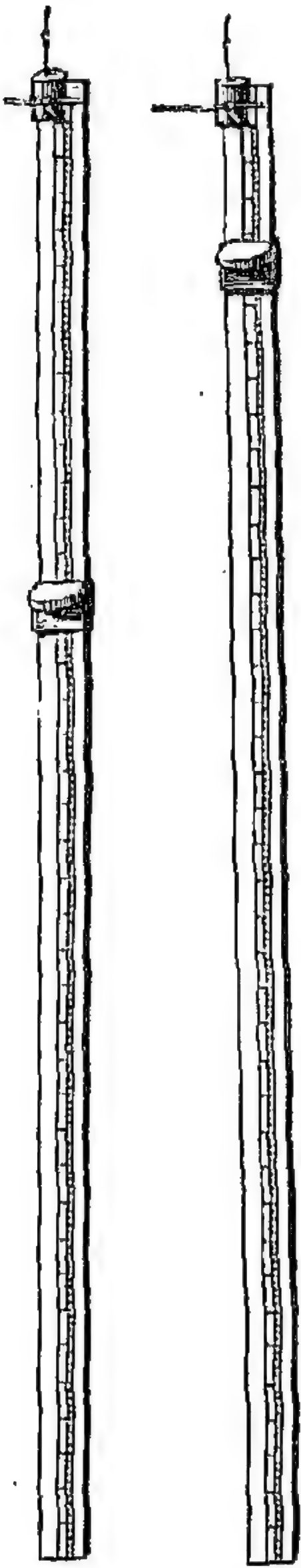
واثنين وثلاث الخ فيشاهد ان نسبة المسافات المقطوعة بعضها الى بعض كنسبة ١ الى ٤ الى ٩ أى ان $m = \frac{1}{4}$ حار ع نأ ومن هذه المعادلة يستدل على أن $s = \text{حار ع نأ}$
 ٤٠ - تحقيق قانون سقوط الاجسام بالآلة (أتود) - بهذه الآلة يحقق قانون السرعة وقانون المسافة وهى مركبة من بكرة خفيفة جدا ر كفى (شكل ٢١) يمر عليها خيط من الحرير فى غاية الخفة بطرفيه وزن p و p وتوضع هذه البكرة بكيفية بالاتحدث حركتها حول محورها الاحتكاك غير محسوس كفى (شكل ٢٢) وعلى أى وضع كان



ش ٢٢

الثقلان p و p فانهم ما يكونان فى حالة موازنة فاذا وضع وزن اضافى به على أحد

الاوران ب الثقل الذي جهة اليسار مثلاً فان الحركة تحصل وحيث كان الوزن به وحده هو المحدث للحركة وبما تأثيره يتحرك الوزنان ب و ب فمن البين أن الحركة تكون أبطأ من



ش ٢٣

حركة السقوط المطلق للثقلين ب و ب ولتحقيق قانون المسافات المقطوعة في الأزمنة المتعاقبة تستعمل مسطرة مدرجة موضوعة وضعا رأسياً أمامها يسقط الثقل ب + به فيوقف هذا الثقل أمام صفر المسطرة من تكرر على رافعة متصلة بساعة في الجهاز ويسقط متى ابتدأت ثانية معينة يعرف ابتداء وها بدق الساعة ثم يبحث بالاستقراء عن النقطة من المسطرة التي يلزم وضع قرص افقي ب (شكل ٢٢) يزاق عليها بافرين حتى يسمع ملائمة الثقل الساقط له مع دق الساعة الدال على انتهاء الثانية فعدد التقاسيم الكائنة بين صفر المسطرة وموضع القرص هي المسافة المقطوعة بالثقل في ثانية واحدة ولا يزال القرص ينقل من موضع الى آخر (شكل ٢٣) حتى تعلم المسافة المقطوعة في ثابنتين وثلاث وهكذا وبمقارنة المسافات بعضها ببعض يتبين أن نسبتها الى بعضها كنسبة الاعداد ١ و ٤ و ٩ بعضها الى بعض أى انها كربع الزمن وهذا هو قانون المسافة ولتحقيق قانون السرعة المكتسبة في الاوقات المختلفة من الحركة يستعمل قرص ذو افرين يخالف الاول في كونه مثقوباً يسمح بمرور الوزن منه من غير أن يلامسه ويعوق سير الثقل به لطول شكله بأن يوضع هذا القرص على المسافة التي يقطعها الثقل ب + به في الثانية الاولى وبعد مضي هذه الثانية يمنع القرص المثقوب الثقل به من المرور ويمر ب وحده بحركة منتظمة بالسرعة التي كانت فيه وقت وقوف الثقل به من الحركة بالقرص المثقوب

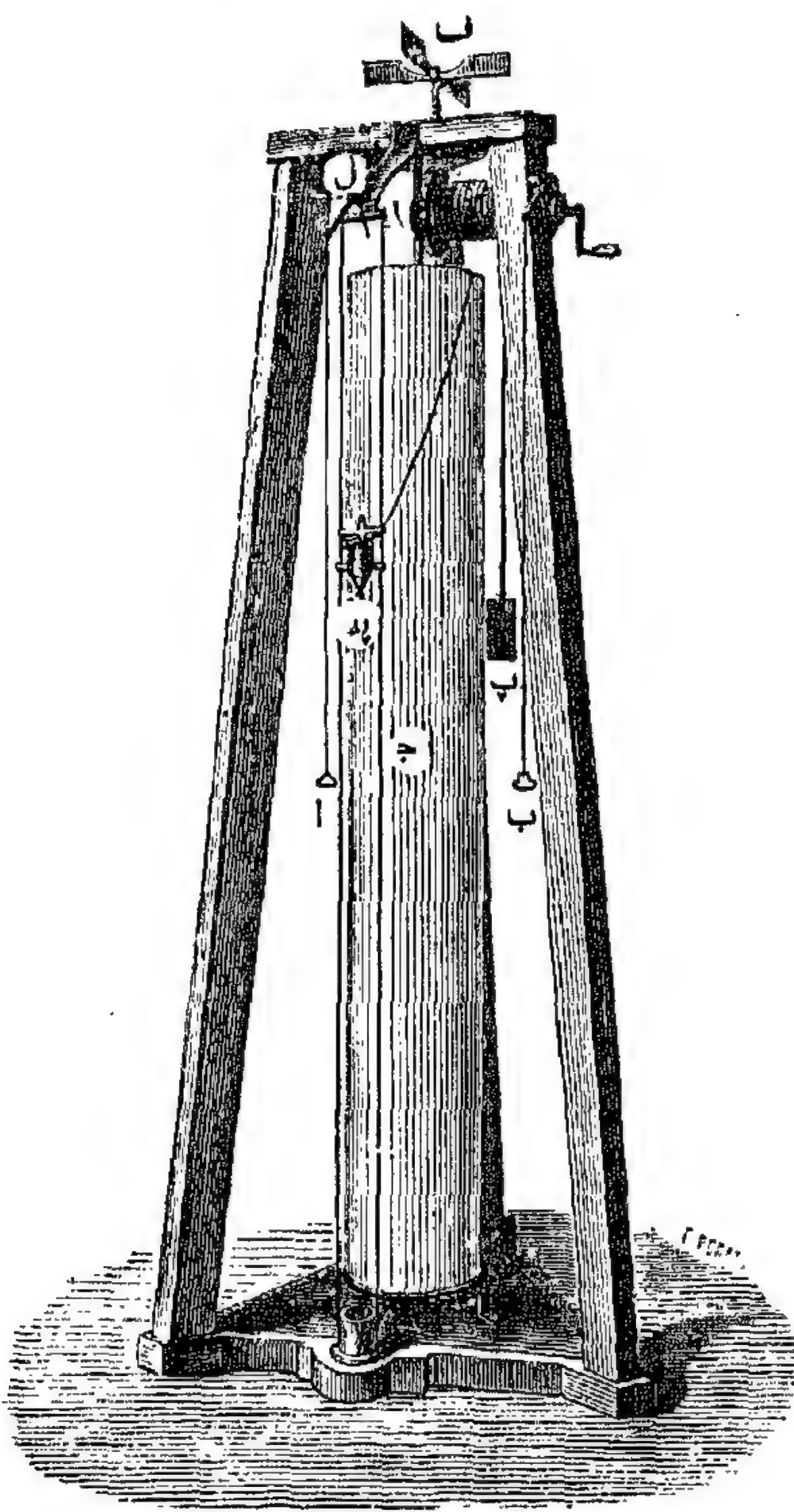
ويبحث بالاستقراء عن النقطة من المسطرة التي يلزم وضع القرص المصمت ب فيها حتى يسمع صوت مصادمة الثقل له في انتهاء ثانية بعد ايقاف الثقل به والمسافة بين ا و ب هي المسافة المقطوعة في ثانية واحدة بحركة منتظمة بعد ايقاف الثقل به أى السرعة التي اكتسبها الثقل ب بوصوله الى ا وحفظها من ا الى ب

ولتكن س هذه السرعة ويبحث بالطريقة عينها عن السرعة س س الخ المكتسبة بعد مضي ثابنتين وثلاث وهكذا فيتبين أن نسبة السرعة س و س و س الخ بعضها الى بعض كالعدد ١ و ٢ و ٣ أى أنها متناسبة مع الزمن وهذا هو قانون السرعة

وليكون

وليكون في بكرة الة (أود) المار عليها خيط الحرير الحامل للثقلين حركة سريعة يوضع كل طرف من أطراف محور البكرة على زاوية تقاطع بكرتين لان الحركة السريعة للبكرة ر تحدث في البكرات الاخر ر ه حركة بطيئة بسببها يكون الاحتكاك في محل اتصالها خفيفا ويوجد في هذه الة ساعة تدل على الثواني متصلة برافعة يتكئ الثقل ب + به على أحد ذراعيها ه صنعت بكيفية بها يفارق هذا الذراع الثقل في ابتداء الثانية الاولى فيصير الثقل ب + به موكولا لنفسه فيسقط

٤١ - جهاز مورن - هذا الجهاز (شكل ٢٤) يتركب من اسطوانة من الخشب ح

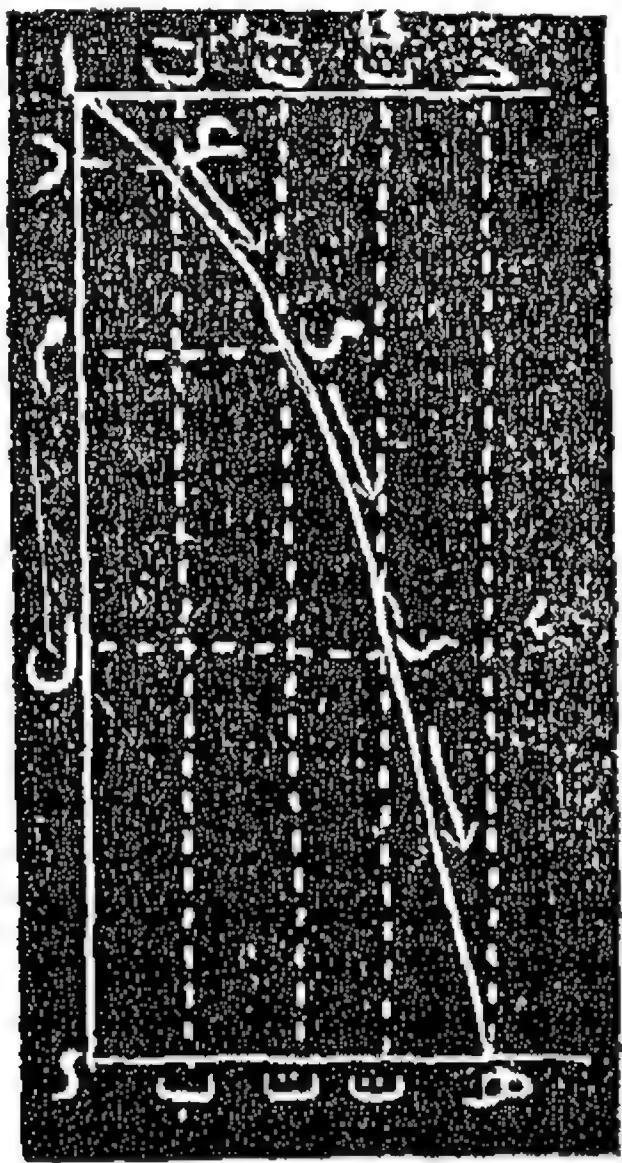


ش ٢٤

تتحرك حول محور رأسي غطي سطحها بقطعة من الورق رسم عليها عدة خطوط رأسية متساوية البعد ومن ثقل ب معلق بحبل يلتف على ملف صغير أفقي ذي عجلة مسننة متداخلة بقلاووظ في محور الاسطوانة ح قدركب على هذا المحور أربعة أجنحة طاحون ف ومن ثقل اسطواناني مخروطي به يتأني سقوطه سقوطا مطلقا يحمل قلم من رصاص موضوعا ووضعا أفقيا تتكئ أسلته قليلا على الورق الملفوف على الاسطوانة بحيث يغادر بمروره عليه أثرا ثابتا ومن رافعة ل تحتفظ هذا الثقل في الجزء العلوي من الجهاز فتفي كان الوزن به في الجزء العلوي من الجهاز جذب الحبل ب فيصير الثقل ب مطلق الحركة فيسقط ويسقطه

تتحرك عجلة فتتحرك الاسطوانة ح وأجنحة الطاحون ف وبمقاومة هذه الاجنحة للهواء مقاومة آخذة في الازدياد تصير حركة الاسطوانة منتظمة وحينئذ يجذب الحبل ا فيصير الثقل به مطلق الحركة فيسقط ملامسا للاسطوانة بالقلم الرصاصي المرتبط به فيغادر هذا القلم أثرا على الورق

ومتى وصل الثقل به الى منتهى سقوطه نشر الورق فيشاهد فيه أن الخط اهـ (شكل ٢٥).
وهو أثر القلم على الورق تقاطع مع الخطوط العمودية المتساوية البعد اء و ب ب و ت ت الخ



في النقط ع و س و م و هـ وإذا أقيم من هذه النقط خطوط
عمودية على الخط أ د وأخذ وحدة للزمن الزمن اللازم في الحركة
المنتظمة للاسطوانة لأن يصير الخط ب ب محل الخط أ د فإن
الطول أ د يكون هو المسافة التي قطعها الثقل الاسطوانى المخروطى
في وحدة الزمن والطول أ م في ضعف وحدة الزمن والطول أ ل
في ثلاثة أمثالها والطول أ د في أربعة أمثالها لان الاطوال
أ ب و ب ت و ت ث و ث ح متساوية وبقياس المسافات
أ د و أ م و أ ل و أ د يتبين أن

$$m = 3$$

أل = اء

$$s \uparrow 17 = s \uparrow$$

أى ان المسافات التى يقطعها الجسم بسقوطه المطلق تزداد بنسبة مربع الزمن الذى فيه قطع الجسم هذه المسافات وفى مدة التجربة لا يحس بمقاومة الهواء للوزن به بسبب قصر زمن سقوطه وشكله

ولا يتحقق عملاً بجهاز (مورن) قانون السرعة ولكن يسهل تصوره فإن أد هي المسافة المقطوعة بالثقل به في وحدة الزمن و ϵ أد المسافة المقطوعة في زمن يساوي ضعف وحدة الزمن و η أد في ثلاثة أمثال الوحدة و ι أد في أربعة أمثال الوحدة. وحينئذ فالجسم قطع في الوحدة الثانية الزمانية المسافة ϵ أد - أد = 3 أد وفي الوحدة الثالثة η أد - ϵ أد = 5 أد وفي الوحدة الرابعة ι أد - η أد = 7 أد

فإذا فرضنا أن السرعة المكتسبة بعد كل وحدة زمن عدت مرة واحدة في البين أن الجسم المتحرك لا يقطع في وحدة الزمن المتتالية المكونة لزمن سقوطه إلا المسافة الثابتة a وعلى ذلك فالمسافات التي يقطعها بسرعة المكتسبة 1 و 2 و 3 من وحدة الزمن هي

في الوحدة الزمانية الثانية ٣ أد - أد = ٣. أد

في الوحدة الزمانية الثالثة $\circ \text{أد} - \text{أد} = \text{أد} = \text{أد}$

في الوحدة الزمانية الرابعة γ $\text{أد} - \text{أد} = \gamma$ أد

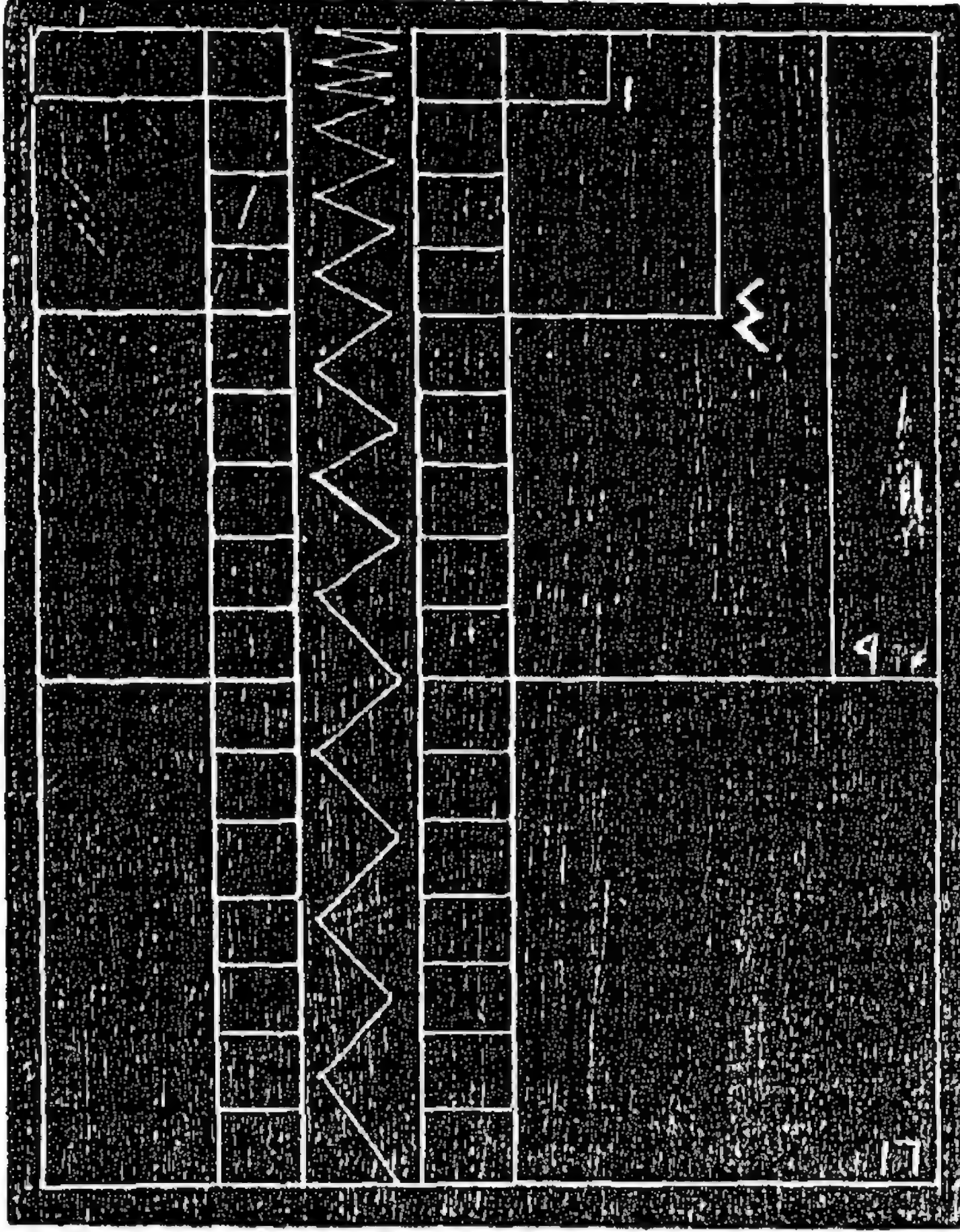
وَحْمَدُ

وحينئذ نسبة بعض السرعة المكتسبة للجسم المتحرك في ١ و ٢ و ٣ من وحدة الزمن الى بعض كالأعداد ٢ و ٤ و ٦ أى متناسبة مع الزمن الماضى من وقت ابتداء السقوط والكمية ٢ أد التى تزدادها السرعة فى كل وحدة زمنية هي المعجزة للتساقل وبأخذ الثانية وحدة للزمن تدل هذه الكمية التى يرز لها فى الغالب بالحرف ع على شدة التساقل وهي للجسم الساقط سقوطا مطلقا فى الفراغ فى باريس $ع = ٩٨٠٨٨ \frac{\text{متر}}{\text{ثانية}^2}$

٤٣ - آلة (بربوز) - هذه الآلة كآلة (أتود) ولا تخالفها الا قليلا ففيها محور البكرة التى تحمل الخيط ذا الثقلين يحمل اسطوانة ملفوفة عليها ورق مسود بنيلج وفيها صفيحة مرنة من الحديد الحلو مثبتة من طرفها السفلى بحيث تهتز متى بعدت عن مكان موازنتها وحيث ان اهتزازاتها متساوية الزمن يمكن اخذ عدد هامة قياسا له وطرف هذه الصفيحة الآخر مدقق قابل للثني يرسم على ورق الاسطوانة خطوطا ايضا أفقية من اليمين الى اليسار ومن اليسار الى اليمين كاهتزاز الصفيحة ويدوران الاسطوانة على محورها تكون هذه الخطوط على الورق متعرجة متواصلة وعددها هذه التعرجات هو عين عددها اهتزازات الصفيحة فالاعداد المتساوية من هذه التعرجات تقابل أزمنة ماضية متساوية ومن الظاهر أنه اذا كانت حركة الاسطوانة منتظمة فان التعرجات تكون متساوية السعة وأنه اذا كانت الحركة غير منتظمة بل معجزة فانها تتسع مع بقاءها متناسبة مع سرعة دوران الاسطوانة وسرعة دوران الاسطوانة هي عين سرعة دوران المعجزة وسرعة دوران المعجزة تختلف باختلاف سرعة الثقل الساقط المحرك لها وفى هذه الآلة زيادة على ما فى آلة (أتود) الكتر ومغناطيسان يمر فيهما تيار كهربائى أحدهما فى الجزء السفلى من الجهاز وعليه يرتكز أحد الثقلين المعلقين فى خيط الحرير وبسبب جذب الالكتر ومغناطيس لهذا الثقل تمتنع حركته والالكتر ومغناطيس الثانى فى الجزء العلوى من الجهاز يجذب طرف الصفيحة فتبعد عن مكان موازنتها

ولعمل التجربة بهذه الآلة يقطع التيار فجأة فيصير الثقل غير مجذب بالالكتر ومغناطيس فيتحرك الثقلان بتأثير الثقل الاضافى كما فى آلة (أتود) وفى هذا الوقت عينه يصير طرف الصفيحة غير منجذب بالالكتر ومغناطيس فتتأخر اهتزازات بدولية متساوية الزمن ترسم على الورق الاسود فلنفرض أن أحد الثقلين سقط بوضع الوزن الاضافى عليه من ارتفاع الآلة فبنشر الورق المرفوف على الاسطوانة يتحقق قانون المسافة بالخط المتعرج كما يظهر من (شكل ٢٦) ففيه يشاهد أنه يقابل كل من الأزمنة المتتالية المتساوية ثلاث اهتزازات تامة للصفيحة

ونسبة بعض المسافات المشغولة في كل زمن بالتعرجات المقابلة للاهتزازات الثلاثة الى بعض هي كالعدد ١ و ٣ و ٥ و اذا فالمسافات المحسوبة من ابتداء الحركة هي كالعدد ١ و ٤ و ٩



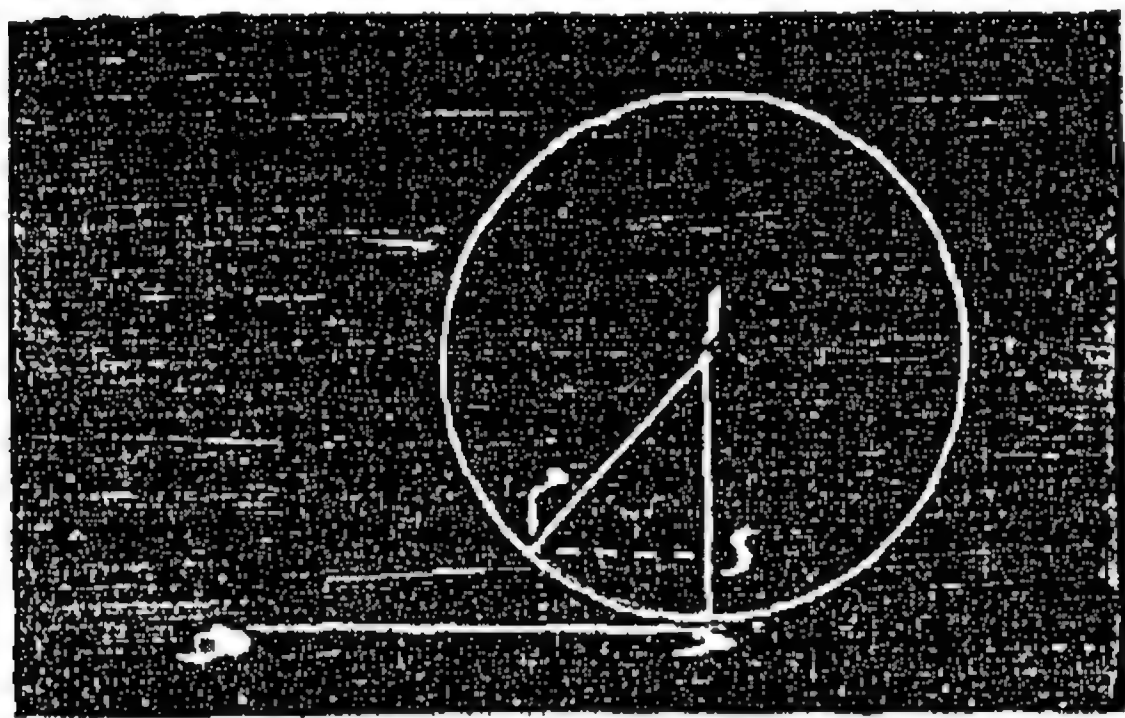
ش ٢٦

و ١٦ أى متناسبة مع مربع الزمن وبهذه الآلة يحقق قانون السرعة المكتسبة كما يحقق بالآلة (اود)

٤٣ - الحركة المنحنية - الحركة منتظمة أو مختلفة قد تكون مستقيمة ومنحنية وفي الحالة الثانية يتبع الجسم في سيره طريقاً منحنيًا بدل أن يتبع طريقاً مستقيماً اما بسبب قوة مستمرة تؤثر بميل في الجسم وفيه سرعة أصلية كتأثير التناقل على جسم قذف بالميل من أسفل الى أعلى واما بسبب مقاومة تؤثر دائماً في جسم اكتسب حركة بتأثير قوة برهية

لحركة جسم معلق في خيط يمكن دورانه حول نقطة ثابتة قذف في اتجاه عمودي على هذا الخيط والحركة المنحنية تسمى باسماء مختلفة بحسب الخطوط الهندسية الدالة على طريق الجسم المتحرك في الاحوال المختلفة فمنها ما هي حركة دائرية ومنها ما هي قطع مكافئ ومنها ما هي قطع ناقص الى غير ذلك

٤٤ - القوة المركزية الطاردة - ليكن ح (شكل ٢٧) جسم يدور حول نقطة أ



ش ٢٧

مركز الحركة فالقوة التي بها الجسم يقطع القوس الصغير ح م الذي يمكن اعتباره مختلفاً طامع وتره يمكن تحليلها الى قوتين احدهما تدفع الجسم في الاتجاه المماس ح ه والثانية ح د تجذبه نحو المركز والاولى من هاتين القوتين برهية فهي التي دفعت الجسم في بدء الحركة في الاتجاه المماس

للقوس ح م أما الثانية العمودية فهي مستمرة لانه لو انقطع فعلها لترك الجسم الدائرة المتحرك

هو حوالها واتجه في الاتجاه المماس ح ه ووجود هاتين القوتين حقيقي بدليل أنه لو انقطع الخيط المعلق في نقطة أ لاتجه في اتجاه المماس ح ه ومن جهة ثانية فإن الجسم المتحرك يحدث جذباً في الاتجاه د ح ومنشأ هذا الجذب هو جذب مضاد له من النقطة أ حيث أن لكل فعل رد مساوياً ومضاداً له في الاتجاه ولا رد فعل للقوة ح ه حيث أنها برهية أثرت في بدء الحركة فترد فعلها لا يكون له وجود إلا في بدء الحركة

والقوة التي تجذب الجسم نحو المركز أ تسمى بالقوة المركزية الجاذبة والمساوية لها المضادة في الفعل هي القوة المركزية الطاردة وبإدارة جسم معلق في طرف خيط أمسك طرفه الآخر باليد يحس بجذب في اليد هو نتيجة القوة المركزية الطاردة والمجهود الذي تعمله اليد حتى لا ينفذ الجسم منها هو مدلول القوة المركزية الجاذبة وفي الحقيقة ليس الأول الازدفع الثاني كما يحصل من ضغط جسم فإنه يحس بمقاومة تساوى في الشدة الضغط المفعول

ولاستنتاج قوانين القوة المركزية الطاردة نلاحظ أن ح م أي القوس هو المسافة المقطوعة في الزمن ن تساوى س ن لأن حركة الجسم حول نقطة أ حركة منتظمة فإذا يكون $\text{م} = \text{س ن}$ ومن جهة أخرى ك كتلة الجسم المتحرك و ق القوة التي بها يجذب في الاتجاه ح أ فيكون $\text{ح أ} = \frac{\text{ق ن}}{\text{ك}}$ وحيث أن ح م وسط متناسب بين قطر الدائرة و ح د فيكون $\text{ح د} = \text{ق} \times \text{ح د}$ وباستبدال ح م و ح د بمساوئهما مستخرجين من المعادلتين السابقتين يحصل

$$\frac{\text{س ن}}{\text{ق}} = \frac{\text{ق}}{\text{ك}}$$

أو أن

$$\text{س} = \frac{\text{ق ن}}{\text{ك}} \quad \text{ومنها} \quad \text{ق} = \frac{\text{س ك}}{\text{ن}}$$

وهي بيان القوة المركزية الطاردة ومساوئها القوة المركزية الجاذبة ومفهوم هذه المعادلة أن القوة المركزية الطاردة أو مساوئها القوة المركزية الجاذبة متناسبة مع مربع السرعة فإذا صارت سرعة الجسم ضعف أو ثلاثة أمثال أو أربعة أمثال ما كانت صارت القوة المركزية الطاردة أربعة أمثال أو تسعة أمثال أو ستة عشر أمثال ما كانت وأنه إذا تساوت الكتلة والسرعة فإن القوة المركزية تكون على عكس نصف قطر الدائرة المقطوعة بالجسم المتحرك فإذا قطع الجسم دائرة نصف قطرها ضعف أو ثلاثة أمثال نصف قطر دائرة قطعها قبل بهذه السرعة نفسها كانت القوة المركزية الطاردة نصف أو ثلث ما كانت وبعبارة أخرى إذا كان جسم

يقطع دائرة بحركة منتظمة فالقوة المستمرة التي بها ينجذب الجسم نحو المركز تكون مساوية لحاصل ضرب كتلته في مربع سرعة الحركة مقسوما على نصف قطر الدائرة وما يصدق على الفعل يصدق على رده لمساواته له

ويمكن إكساب دستور القوة المركزية الطاردة شكلا آخر فليكن t الزمن الذي فيه الجسم يقطع الدائرة بحركة منتظمة أي الذي فيه يقطع المسافة s ط v فسرعة الجسم s تساوي المسافة مقسومة على الزمن وإذا يكون $s = \frac{v^2 t}{r}$ وبوضع قيمة s هذه بدل s في المعادلة $v = \frac{L s}{t}$ يحدث

$$v = \frac{v^2 t}{r}$$

ويستنتج من هذه المعادلة أنه إذا كانت عدة أجسام متساوية الكتلة تقطع في أزمنة واحدة دوائر مختلفة القطر فإن القوة المركزية لهذه الأجسام تكون متناسبة مع انصاف أقطار هذه الدوائر

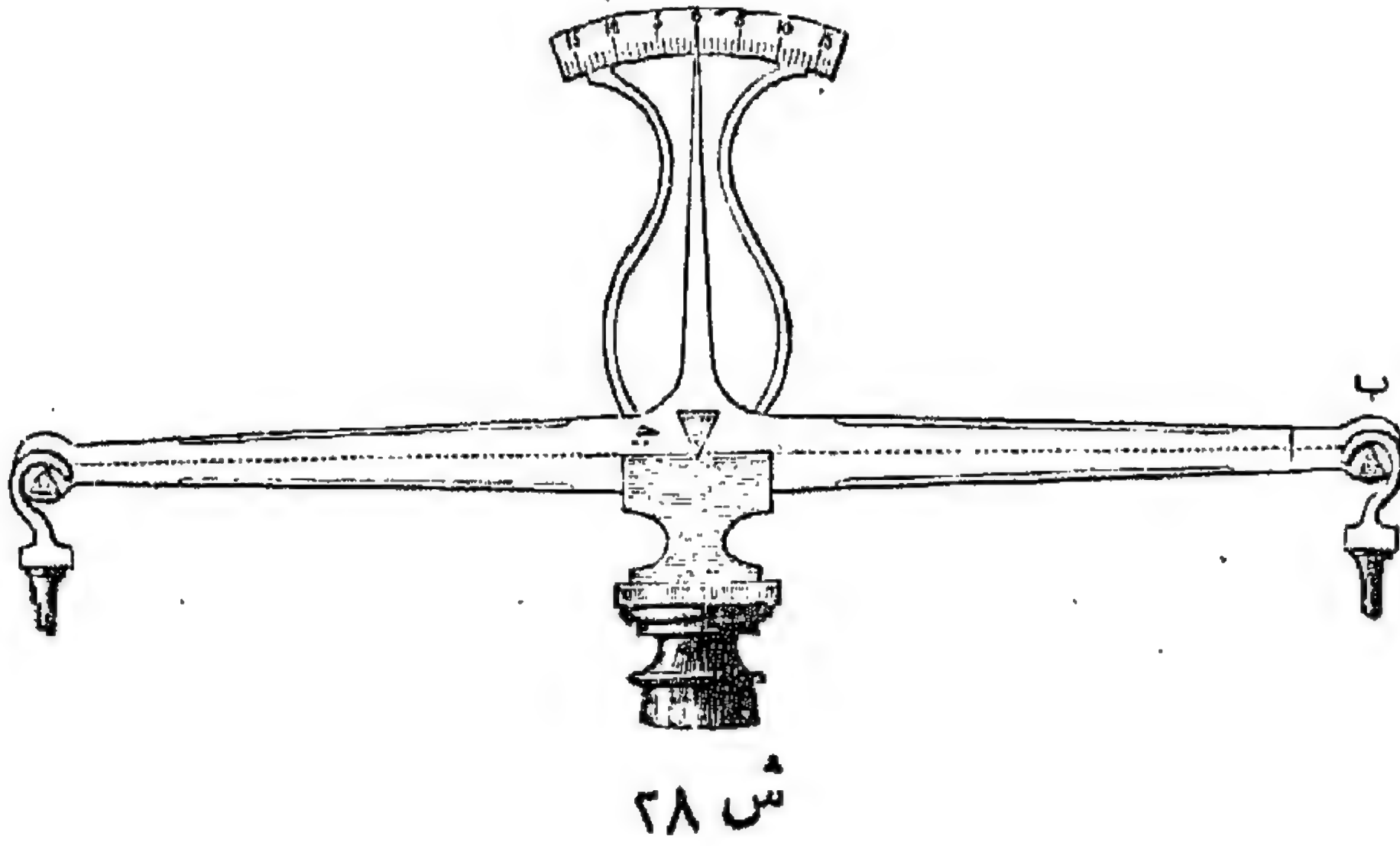
وللقوة المركزية الطاردة عمل في حركة دوران الأرض حول محورها لأن كل نقطة من سطح الأرض تقوم مقام الجسم في المثال المتقدم وإلى القوة المركزية الطاردة ينسب أخذ المجلة في النقصان كلما شتد القرب من خط الاستواء لأن القوة المركزية الطاردة في خط الاستواء هي $\frac{1}{289}$ من شدة الثقالة ومضادة له في الاتجاه بحيث لو صارت حركة الأرض أكبر مما هي عليه $\frac{1}{289}$ مرة أي صارت أكبر مما هي عليه $\frac{1}{289}$ لعادات القوة المركزية الثقالة وفي هذه الحالة يصير وزن الجسم معدوما وتفرطح قطبي الكرة الأرضية هو نتيجة القوة المركزية الطاردة لأنه في الزمن الذي كانت فيه الكرة سائلة كانت الأجزاء التي في خط الاستواء متباعدة عن محور الدوران أكثر من غيرها حيث أنها كانت في جهة فيها القوة المركزية في منتهى شدتها لأن نصف قطر خط الاستواء أكبر من نصف قطر الدوائر الموازية له

وبتأني في الحالة التي فيها تكون سرعة دوران السكتلة السائلة عظيمة حتى تحدث قوة مركزية طاردة شدتها أكبر من شدة الثقالة أن جزأ من المادة ينفصل من السكتلة الأصلية وعلى هذا تصور (كانت) و (لبلاس) تفسير تكون العالم الشمسي فعلى رأى هذين الفاضلين كان العالم الشمسي الذي كنا الأرضية جزء منه كتلة واحدة في حالة اصطهار نارى وبارديا حركة دورانها بمعاظم تكاثفها كانت تزداد شدة القوة المركزية الطاردة فالأمر قطع من المادة إلى الانفصال من الدوائر وكوتت الكواكب السيارة المختلفة

الميزان

٤٥ - الميزان آلة معدة لمعرفة تعيين الوزن النسبي للأجسام أى عدد الجرامات الصحيحة وكسورها المساوية لهذا الموزون

ويتركب في العادة من ساق صلبة تسمى عاتقا أ ب (شكل ٢٨) يمر من وسطه ح سكين



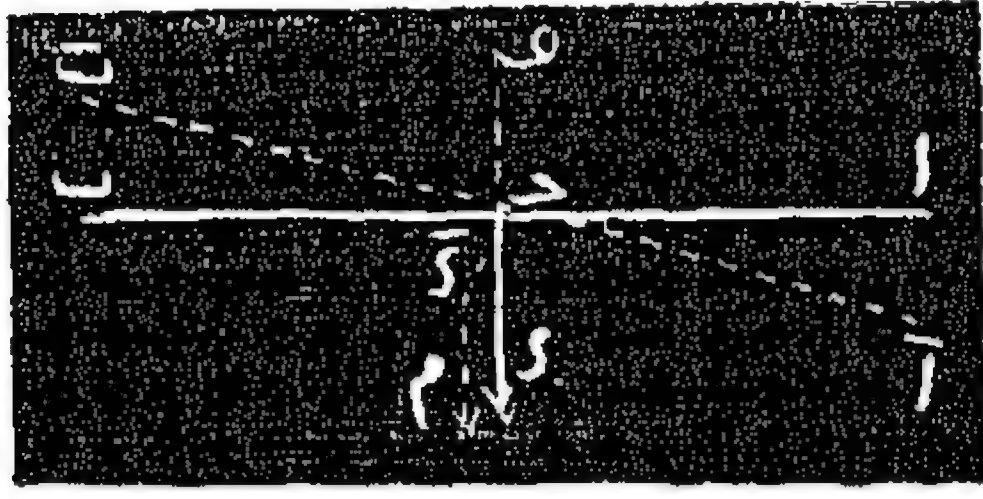
من الصلب المسقى بارزة من الجهتين حافتها السفلى ترتكز من الجهتين على سطحين صغيرين من الصلب المسقى موضوعين بجانبى العاتق أحدهما من الخلف والاخر من الامام فى مستواً أفقى واحد وبذلك يتأتى للعاتق أن يتحرك حول هذه الحافة وفى كل طرف من طرفى العاتق كفة احدهما تحمل الجسم المراد وزنه والاخرى تحمل الصنج ولهذا الغرض كل طرف من طرفى العاتق يحمل سكيناً حافتها الى أعلى يرتكز عليها خطاف علق فيه الكفة وحافات السكاكين الثلاث أ ب ح متوازية فى مستواً واحد ولسهولة الفهم نفرض أن النقط الثلاث على خط واحد يسمى خط العاتق والمسافة ا ح و ب ح أى التى بين السكين المتوسطة ومجاورتها تسمى ذراع العاتق وفى منتصف العاتق ابرة عمودية على خط العاتق يمكن اطرفها أن يتحرك حول قوس مدرج صفر هذا التدريج يقابل الوضع الرأسى لهذه الابرة ومن أجل ذلك يقابل الوضع الأفقى للعاتق وأسهل طريقة لمعرفة وزن جسم بهذا الميزان أن يوضع الجسم المراد وزنه فى كفة ويوضع فى الكفة الثانية صنج الى أن يصير عاتق الميزان فى حالة موازنة فى الوضع الأفقى فتجمع الصنج ومجموعها هو وزن الجسم

وليكون هذا الوزن صحيحاً يلزم أن يكون الميزان مضبوطاً أى أن يأخذ عاتقه وضعاً أفقى يوضع أوزان متساوية فى كفتيه وليكون الوزن محكماً يلزم أن يكون الميزان حساساً أى أنه اذا وضع

وزن صغير في إحدى كفتي الميزان وعاتقه في الوضع الأفقي مال عن هذا الوضع ولا توجد هاتان الصفتان إلا بشروط هندسية تراعى وقت صنع الميزان

٤٦ - شروط ضبط الميزان - الميزان يكون مضبوطاً متى وجد فيه الشرطان الآتيان أولاً - أن يكون مركز ثقل الجزء المتحرك (العائق والكفاف) في الخط العمودي على خط العائق المار بنقطة التعليق

ثانياً - أن يكون ذراعاً العائق متساوي الطول لئلا يفرضنا AB من (شكل ٢٩) خط العائق $و$ نقطة التعليق $ف$ في كان العائق أفقياً والكفاف فارغة فمركز الثقل $د$ يكون في الخط العمودي المار بنقطة التعليق فلا يكون نتيجة الوزن $م$ للجزء المتحرك إلا أحداث اتكاء من المحور على حامله بل إذا كان مركز الثقل $د$ أسفل المحور $ح$ كما في الشكل



ش ٢٩

المذكور فإن الموازنة تكون مستقرة لأنه إذا مال العائق وصار في الوضع $أ ب$ فالوزن $م$ يحدث رجوع مركز الثقل إلى $د$ في الخط العمودي المار بنقطة $ح$ فإذا كان مركز الثقل في الخط العمودي بنقطة $ح$ وكفاف الميزان فارغة وعاتقه أفقياً فإن العائق يكون في حالة موازنة وتكون هذه الموازنة مستمرة متى كان مركز الثقل أسفل من نقطة التعليق

وإذا فرضنا أن ذراعاً العائق متساويان طولاً ووضعنا في كفافه أوزاناً متساوية فإن هذه الأوزان تؤثر في طرفي العائق $أ$ و $ب$ كقوتين عموديتين متساويتين ومتوازيتين ومحصلتهما تكون مساوية لمجموعهما مارة من وسط العائق $أ ب$ أي بالنقطة $ح$ نفسها وإذا يمكن اعتبارهما مركزة في نقطة $ح$ فتكون نتيجة أحداث ضغط المحور على حامله ومن ذلك يبقى العائق في حالة موازنة وتكون هذه الموازنة مستقرة إذا كان مركز الثقل أسفل من نقطة التعليق ففي هذه الحالة الأخيرة إذا أميل العائق وصار في الوضع $أ ب$ فإن وزنه $م$ يعيده ثانياً إلى الوضع $أ ب$

فإذا تساوى ذراعاً الميزان وكان مركز ثقله في الخط العمودي على خط العائق المار بنقطة التعليق وكان مركز الثقل في نقطة التعليق نفسها أي في المحور فإن الميزان وكفافه خالية أو محتوية على أوزان متساوية تكون في حالة موازنة إذا كان عاتقه في الوضع الأفقي وإذا أميل العائق فإنه يبقى أيضاً في حالة موازنة ولا يعود إلى الوضع الأفقي أي أن موازنته تكون متعادلة

وإذا كان مركز ثقل الميزان أعلى المحور فإن الميزان وكفافه خالية أو محتوية على أوزان متساوية

تكون

تكون في حالة الموازنة متى كان عاتقه أفقيا فإذا أميل العاتق عن وضعه صارت الموازنة غير ثابتة فينقلب الميزان ومثل هذا الميزان يسمى مختلا وعلى ذلك يلزم لثبات استعمال ميزان مضبوط أن يكون مركز ثقل جزئه المتحرك أسفل من نقطة التعليق وهو الوضع الوحيد الذي تكون فيه الموازنة مستقرة

وصانعوا الموازين يصنعون العاتق والكفاف متماثلين بقدر الامكان وزنا وحجما كي تتوفر في الميزان شروط ضبطه وليكون ذراع الميزان متساويين على أي وضع كان عاتقه يجعلون محور التعليق وحوامل الخطاطيف من أحرف قاطعة لانه بذلك تبقى نقاط الملازمة واحدة مهما كان ميل العاتق

وللتحقق من كون الميزان مضبوطا من غير صنج مقطوع بتساويهما تعمل العمليتان الآتيتان أولا - يترك الميزان ونفسه خالي الكفاف فان أخذ عاتقه الوضع الأفقي كان مستويا في الشرط الاول وكان مركز ثقله في وضع مناسب وان كان الامر بخلاف ذلك وضع ثقل مناسب في الجهة التي ترى خفتها حتى يأخذ الميزان الوضع الأفقي

ثانيا - لتحقيق تساوي ذراعيه يوضع في إحدى الكفاف جسم أيا كان ويوضع في الكفة الثانية مخردق الخارصين أو الرمل الى أن يصير عاتق الميزان في الوضع الأفقي ثم ينقل ما بالكفة اليمنى الى الكفة اليسرى وما باليسرى الى اليمنى فان بقيت الموازنة على ما هي عليه كان ذراع الميزان متساويين وان اختلفت وأخذ عاتق الميزان وضعا آخر كان ذراعه غير متساويين لانه لو كان أحد الذراعين أحـ مثلا أطول من الذراع الآخر حـ كان الثقل الذي في الجهة ب أكبر مما في الجهة أ ولا تحصل موازنة الميزان وهو رافعة الا اذا كان عزم قوته متساويين وينقل الثقليين أحدهما محل الآخر يصير الثقل الاصغر جهة الذراع الاقصر والثقل الأكبر جهة الذراع الأطول فتختل الموازنة لان المجموع الجبري لعزمي القوى لا يصير معدوما

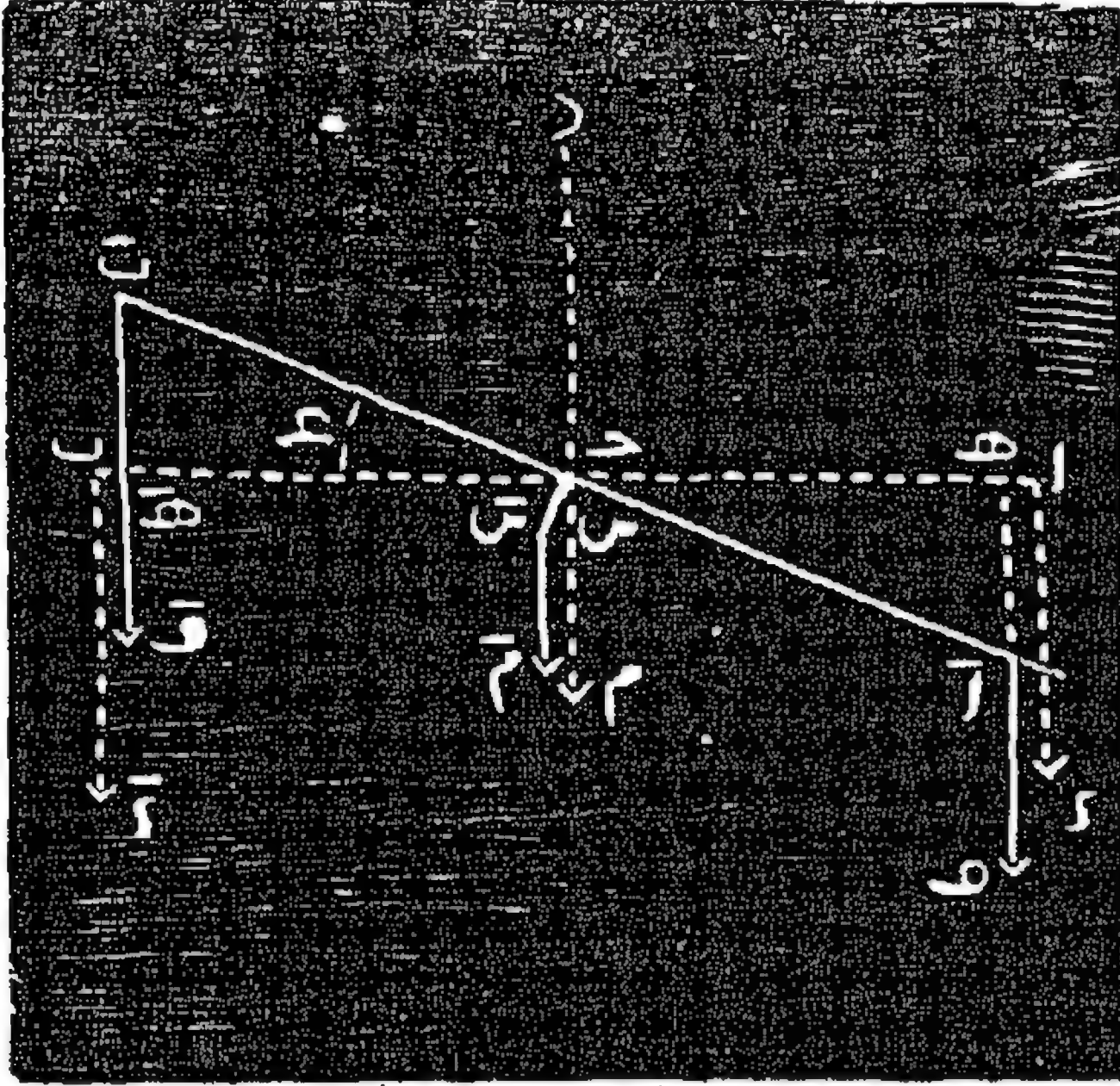
٤٧ - شروط حساسية الميزان - لابد في الميزان من شروط ثلاثة ليـ كون في منتهى حساسيته أي ليكون في حالة بحيث لو وضع في إحدى كفتيه وزن صغير وهو في موازنة فان هذا الوزن يحدث فيه ميلا يكون أكبر مما يكون

الاول - أن يكون ذراع الميزان أطول ما يكون

الثاني - أن يكون وزن الميزان أصغر ما يكون

الثالث - أن يكون مركز الثقل أقرب ما يكون من محور التعليق

ولبيان ذلك نفرض أن $و$ و $و$ وزن متساويان موضوعان في كفتي ميزان نقطه الثلاث
أح (شكل ٣٠) على خط مستقيم واحد فيكون عاتق الميزان في حالة موازنة في الوضع الافقي



ش ٣٠

لان محصلة $و + و$ تمر بنقطة التعليق
وتتجهتها اتكاء محور العاتق على حامله
فاذا وضع في احدى كفتي الميزان الثقل
فان هذا الثقل يميل العاتق فيأخذ
الوضع $آ ب$ وفي هذه الموازنة الجديدة
يلزم ان يكون المجموع الجبري لعزم القوى
 $و + و$ و $و$ و $م$ معدوماً أي يكون
(م وزن الميزان وهي قوة محل ارتكازها
مركز الثقل س)

$$(و + و) \times هـ - (و \times هـ + م \times س) = ٠ \quad (١)$$

أوان

$$(و + و) \times هـ = و \times هـ + م \times س$$

ونلاحظ ان $هـ$ ضلع مثلث قائم الزاوية كذلك $هـ$ و $س$ فيكون
 $هـ = آ ح \times جتا ع$ (زاوية $ع$ هي زاوية ميل العاتق)

$$و \times هـ = ب ح \times جتا ع \quad و \quad س \times س = س \times جاس ح$$

وحيث ان زاوية $س ح$ ليست شيا آخر غير زاوية الميل $ع$ فيكون $س س$
 $= س ح \times ح$ ونلاحظ ان $آ ح$ و $ب ح$ هما طول ذراع الميزان وهما متساويان
وان $س س$ هي المسافة بين مركز الثقل ونقطة التعليق فاذا رمزنا للذراع الميزان بالحرف $ل$
وللمسافة $س ح$ بالحرف $ي$ واستعوضنا $هـ$ و $هـ$ و $س$ بمساواها
في المعادلة يحدث

$$(و + و) ل حياء = و ل حياء + م ي حياء$$

أو

$$و ل حياء + و ل حياء = و ل حياء + م ي حياء$$

وحيث ان $و = و$ فيكون

$$و ل حياء = و ل حياء$$

وبالاختصار

وبالاختصار يكون

$$\frac{\text{دل حاء}}{\text{مى حاء}} = \frac{\text{ح ح}}{\text{ح حاء}} \quad \text{ومنه} \quad \frac{\text{دل ح}}{\text{مى ح}} = \frac{\text{أوان}}{\text{ما}} = \frac{\text{دل}}{\text{مى}}$$

وهذه معادلة تدل على ان ميل الميزان يكون أعظم كلما كان ذراع الميزان أطول وكان الفرق بين الاثقال الموجودة في السكفاف أعظم وكان وزن الميزان أخف والمسافة بين مركز الثقل ونقطة التعليق قصيرة وبعبارة أخرى حساسية الميزان متناسبة مع الفرق بين الثقلين الموجودين في كفتي الميزان ومع طول ذراع عيسه وعلى العكس من وزنه ومن المسافة بين مركز الثقل ونقطة التعليق فتزداد حساسية الميزان كلما ازداد ذراعاه طولاً وخف وزنا وقرب مركز ثقله من نقطة تعليقه وكان الفرق بين الثقلين اللذين يوضعان في كفتيه عظيماً

وليكون في الميزان شروط الحساسية يصنع عاتقه من مسطرة مسطوحة من البرنز الصلب يكسبونها شكلاً معينياً يفرغ معظم داخلها فبذلك يتأتى جعل عاتق الميزان طويلاً خفيفاً فيه المقاومة الكافية لأن يكون خط العاتق مستقيماً ولا يمكن تقريب مركز الثقل من نقطة التعليق يصحبون عاتق الميزان بكرة معدنية صغيرة تتحرك على مسمار برمة مثبت فيه ازا محور فبخفض الكرة أو رفعها يقرب مركز الثقل أو يبعد من نقطة التعليق فيتأتى جعله في النقطة المناسبة لان يكون في الميزان الحساسية المطلوبة

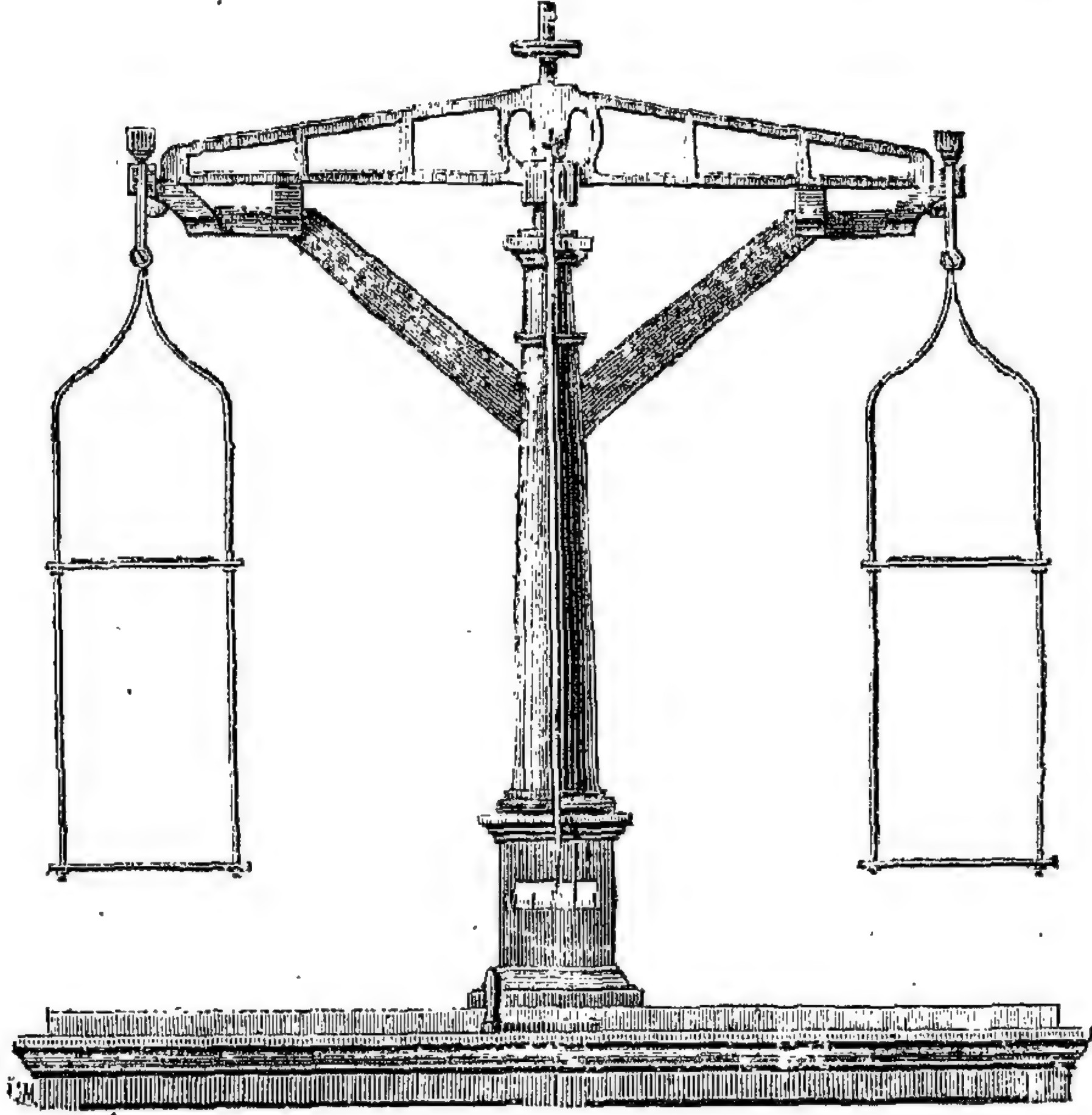
ويقال للميزان حساس بالميجرام أو سنتيجرام بحسب كون المليلجرام أو السنتيجرام يكفي لأمالة العاتق زاوية محسوسة ولكل ميزان حد وحدته هو أكبر ثقل يمكن وزنه به من غير حصول انثناء في عاتقه

وتختلف الموازين بحسب الاجسام المراد وزنها فمن الموازين ما هو معدلوزن اجسام خفيفة فعاتق هذه الموازين خفيف

ومنها ما هو معدلوزن اجسام ثقيلة وعاتق هذه ثقيل حتى يمكنها رفع الموزون من غير حصول انثناء فيه وغالب هذه حساس بسنتيجرام نخطا الوزن بها يبلغ بعض سنتيجرامات في وزن ثقل مقداره بعض كيلوجرامات وهو خطأ قليل الأهمية لتوزعه على وزن عظيم

٤٨ - تركيب الميزان الحساس - الموازين المستعملة في المعامل للابحاث الدقيقة تصنع مستوفية لشروط ضبط وحساسية الميزان التي ذكرناها وفيها يعتنى بجعل طول ذراعى الرافعة ثابتاً لا يتغير أى يجعل المسافة بين نقطة ارتكاز عاتق الميزان ونقطتي تعليق كفتيه غير قابلة للتغير

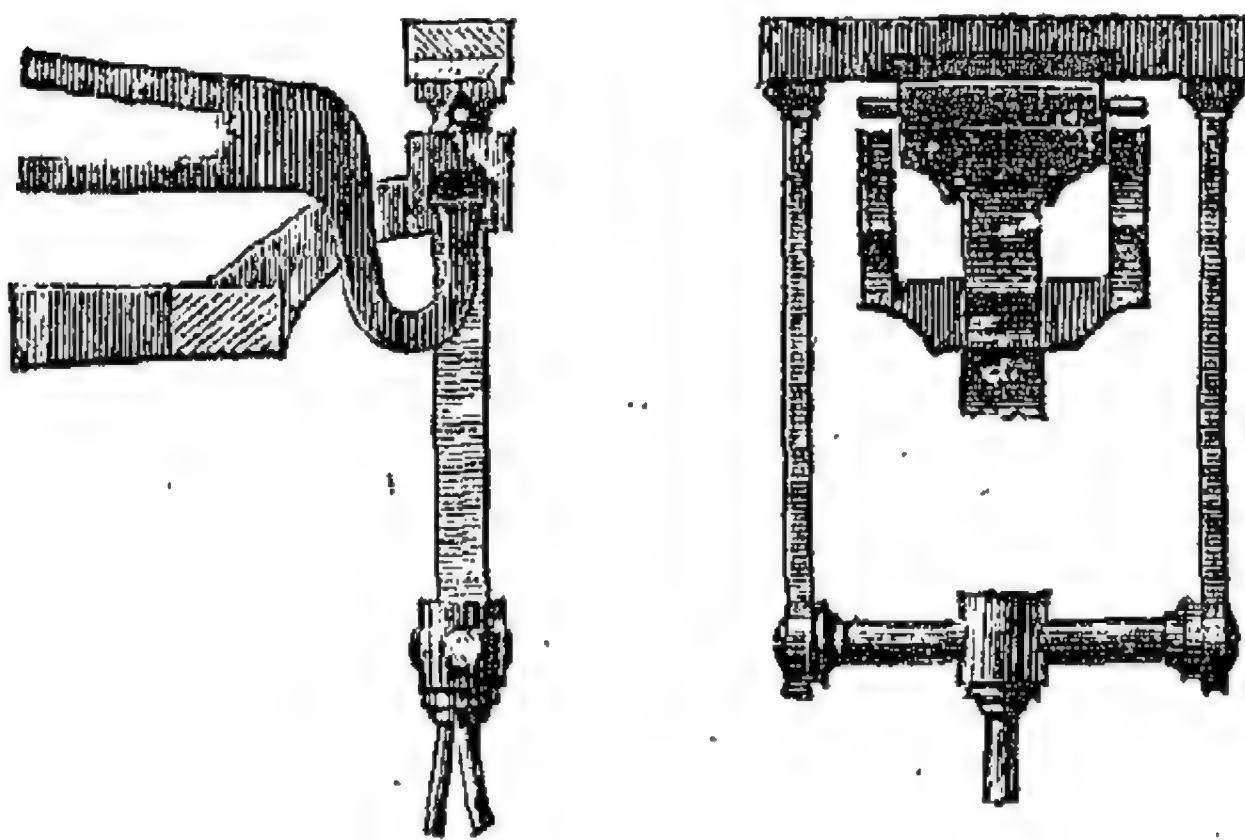
وفي الغالب يكون شكل عاتق الميزان معينا فيه استطالة (شكل ٣١)



ش ٣١

ليكون خفيف الوزن فيه مع ذلك المقاومة الكافية حتى لا يحصل فيه انثناء بوضع أكبر موزون فيه يمكن وزنه به وفي وسط العاتق سكين هي منشور مثلثي حرفه القاطع السفلي يرتكز على سطح مستو صغير من الصلب المسقى أو من العقيق محمول على عمود رأسي موضوع على تحفة وينبغي أن يأخذ هذا العاتق وحده الوضع الأفقي متى كان يرتكز بسكينه على العاتق وطرفا العاتق منحنيان ينتهيان بسكيتين من الصلب حرف كل منهما القاطع متجه إلى

الأعلى (شكل ٣٢) والكفاف محمولة بسوق معدنية صغيرة القطر في جزئها العلوي مربع يرتكز بسطح من الصلب المسقى أو من العقيق على السكيتين المتطرفتين وبهذا الوضع تكون المسافة بين نقطة تعليق إحدى الكفتين ونقطة



ش ٣٢

ارتكاز الميزان غير قابلة للتغير

وخوفا من كلال الحرف القاطع للسكاكين شيئا فشيئا لو حلت السكاكين دائما العاتق

والكفاف

والكفاف تجعل السكاكين غير متحركة على السطوح الصلبة الا وقت الوزن ولهذا الغرض يجعل خلف العمود قطعة معدنية تسمى الشوكة يمكن رفعها وخفضها ورفعها وتجذب في حركتها كفتي الميزان ثم العائق فتكون السكاكين غير حاملة لثقل ما ووقت الوزن تنخفض الشوكة فتضع الكفتين على سكينيهما ثم العائق على حامله ويلزم أن تكون حركة خفض الشوكة لطيفة جدا لان مصادمة أحرف السكاكين لسطوحها تلتفها

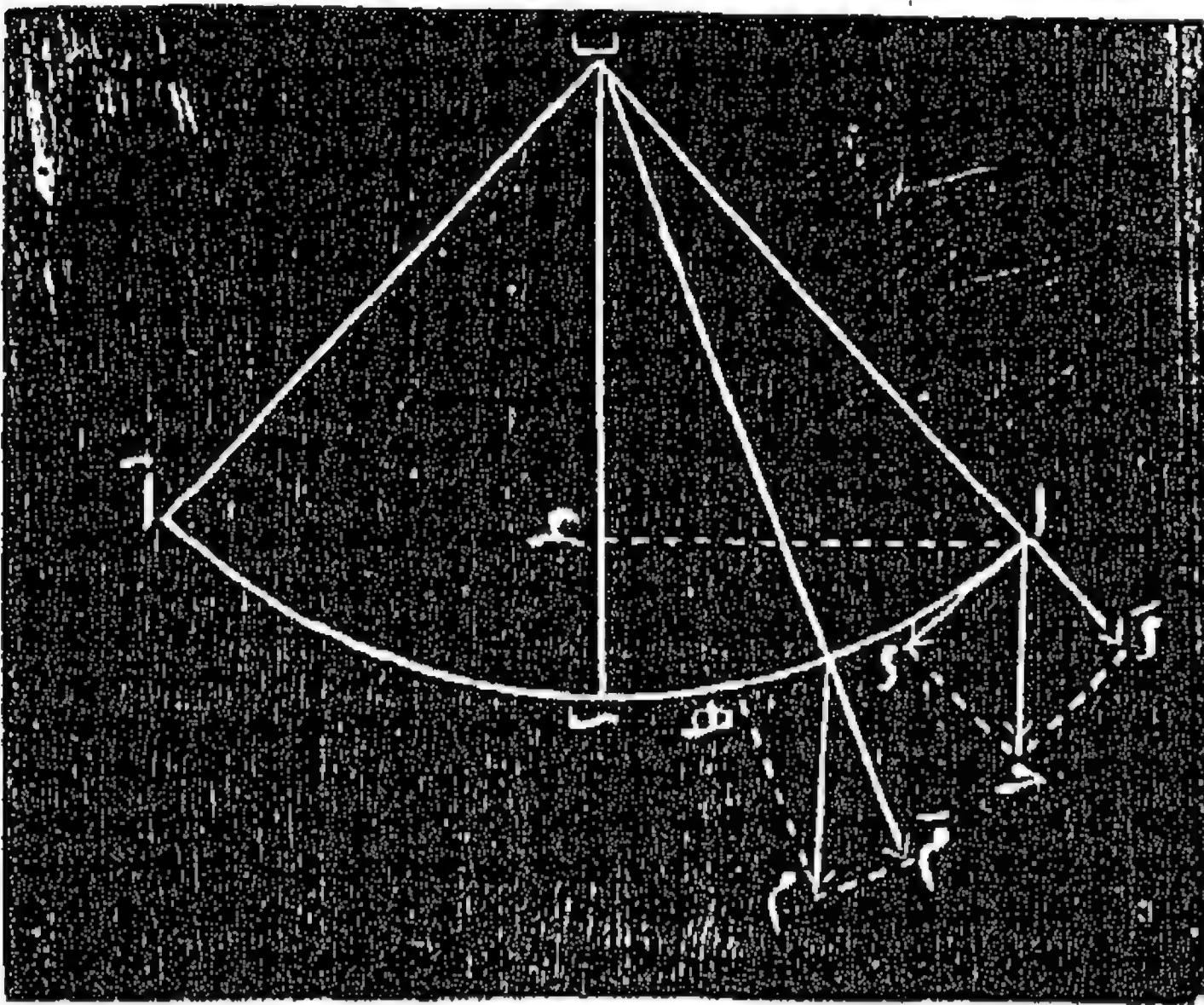
ولجعل مركز ثقل الميزان في مكان مناسب لأن يكون في الميزان الحساسية الممكنة يجعل فوق منتصف عائق الميزان ساق يتحرك عليها كرة بخرقها أو رفعها يتوصل بالتحريك الى جعل مركز الثقل في النقطة المناسبة وفي عائق الميزان ابرة طويلة متجهة الى الاسفل يتحرك طرفها أمام قوس صغير مقسم الى درجات متساوية معدة لمعرفة سعة التذبذبات وفي وسط الدرجات درجة الصفر وأمامها تقف الابرة متى حصلت الموازنة ولكون تذبذبات الابرة بطيئة الحركة لا ينتظر وقوفها بل يلاحظ ما تقطعه من الدرج على عين ويسار الصفر فتساوى القوسين المقطوعين بالابرة على جانبي الصفر يدل على تساوى الثقلين الموجودين في كفتي الميزان

٤٩ - الوزن المزدوج - يمكن معرفة وزن جسم بالتحريك ولو كان ذراع الميزان غير متساويين باستعمال طريقة (بوردا) المسماة طريقة الوزن المزدوج لكن بشرط أن يكون الميزان حساسا ومحصل هذه الطريقة أن يوضع الموزون في احدى الكفاف وتعمل موازنة الميزان بعدل يوضع في الكفة الثانية من مخردق الرصاص به تصيرا لاقواس التي تقطعها الابرة على جانبي الصفر متساوية السعة ثم يرفع الموزون ويوضع موضعه صنج كافية لأن تقطع بها الابرة أقواسا متساوية على جانبي الصفر فمجموع الصنج هو وزن الجسم لان هذه الصنج والموزون وازنت العدل في ظروف واحدة وتستعمل هذه الطريقة في جميع الاحوال التي يراد فيها تحريك الوزن

البندول

٥٠ - البندول في علم الطبيعة نوعان بندول بسيط وبندول مركب فأما البندول البسيط ويسمى الوهمي فهو نقطة مادية ذات وزن m (شكل ٣٣) معلقة في الفراغ بخيط B غير قابل للمد لا ثقل له معلق في نقطة ثابتة A لا يحدث فيها أدنى احتكاك وهذا البندول اذا ترك وشأنه فإنه يتأثر بالتساقل فيه يأخذ الاتجاه العمودي B ويبقى في حالة الموازنة كخيط من الرصاص ولكن اذا بعد عن هذا الاتجاه وجعل في الاتجاه AB فان الموازنة تحتل بقوة اتساقل تجذب النقطة المادية في الاتجاه العمودي A وهي لا يمكنها

أن يتحرك فيه لممانعة الحيط أب لها غير أن هذه القوة تحمل الى قوتين أد في امتداد



ش ۳۳

الخيط و أ د عمودية على هذا
الامتداد والاولى تنعدم بمقاومة
الخيط لها أما الثانية فتعمل وجدها
وهى التى تؤثر فى البندول لتعيده الى
مكان موازته فتقطع النقطة المادية
القوس ا س بسرعة متغيرة لان
القوة المحركة لحركتها قوة مستمرة
ومتى صارت النقطة المادية فى س
ارتفعت بالسرعة المكتسبة لها أثناء

حركتهما من أ الى ب غير أن سرعة ارتفاعها تكون متقهقرة الى أن تصل الى نقطة أ
وفيهاتقف ثم تنزل الى ب ثم ترتفع الى أ وهكذا تفعل النقطة تذبذبات سبعة كل واحدة
منها الزاوية أ ب أ المتكوّنة من المجلين المتطرفين للخط

وحيث ان التناقل أثر من α الى β كقوة مجبلة ومن β الى α كقوة متجبهة فها يحدث من نقصان السرعة في مسير النقطة المادية من β الى α هو عين ما يحدث من ازديادها في مسير النقطة المادية من α الى β ولهذا يلزم أن يكون سعة الاهتزازات وأزمانها واحدة وذلك أمر لا يمكن تحقيقه عملاً لان هناك موانع أخصها مقاومة الهواء والاحتكاك الذي في نقطة التعليق مهما كان الاغتناء به، ولذلك يرى باهتزاز البندول تناقص سعة الاهتزازات شيئاً فشيئاً ثم يقف البندول بعد زمن مختلف الطول ويصير في الاتجاه العكسي

٥١ - قانون اهتزاز البندول - اهتزاز البندول منقاد الى هذه القوانين

القانون الاول - تذبذبات البندول التي لا تتعدى سعتها ٣ أو ٤ درجات متساوية الزمن أى أنها تحصل فى أزمنة متساوية ولو اختلفت سعة الذبذبة بشرط أن لا تتعدى سعتها أربع درجات ويحقق هذا القانون بتعيين الزمن الذى يحصل فيه مائة ذبذبة بعد أن تصير سعة الذبذبة أقل من أربع درجات ثم يعين الزمن الذى يحصل فيه مائة ثانية وهكذا وحيث أن سعة الذبذبة تأخذ فى التناقص الى أن تنعدم فمن البين ان سعتها فى المائة الثانية تكون أصغر منها فى المائة الاولى وهكذا فيشاهد مع ذلك ان الزمن الذى حصل فيه المائة الاولى هو عين الزمن الذى حصل فيه المائة الثانية والثالثة وهكذا

وینیب

وينسب هذا القانون للعالم (جليليه) ويقال انه وقف عليه برويته لاهتزاز مصباح كان معلقا في قبوة كنيسة في بيز ثم وقف بعد ذلك على العلاقة الكائنة بين زمن التذبذبات وطول البندول المحدثه لها

القانون الثاني - زمن تذبذب البندول التي طولها واحد المتذبذبة في محل واحد في الفراغ واحد منهما كانت طبيعة المادة المتكوّن منها البندول

ولتحقيق هذا القانون تعلق كرات مختلفة الطبيعة (كرة من الرصاص وأخرى من العاج وأخرى من النحاس وهكذا) في خيوط من الحرير متساوية الطول ثم هز هذه البندول فتذبذب معا فيشاهد أن زمن كل ذبذبة واحد في جميع هذه البندول ويستنتج من هذه الحقيقة ان المعجلة g الحاصلة من تأثير التناقل في أجسام مختلفة واحدة في المكان الواحد

القانون الثالث - زمن تذبذب البندول المختلفة الطول المتذبذبة في محل واحد يكون على حسب الجذر التربيعي لاطوال هذه البندول

ولتحقيق هذا القانون تؤخذ بندل نسبة أطوالها بعضها الى بعض كنسبة $1 : 4 : 9 : 16$ وتذبذب فيشاهد أن نسبة أزمنة تذبذباتها كنسبة $1 : 2 : 3 : 4$

القانون الرابع - زمن تذبذب البندول المتساوية الطول المتذبذبة في مواضع مختلفة من الارض تكون على العكس من الجذر التربيعي لشدة التناقل في هذه المحال

ولتحقيق هذا القانون ينقل البندول الى محال مختلفة من الارض بحيث يقرب أو يبعد من خط الاستواء ثم يعين عدد التذبذبات التي تحصل في زمن واحد في المحال المختلفة فيبين أن زمن الذبذبة على العكس من الجذر التربيعي لشدة التناقل الحاصل في محل الذبذبة

٥٣ - البندول المركب - هو كل جسم ثقيل يترحول نقطة أو ساق فكل نقطة من هذا البندول عميل بتأثير التناقل فيها الى التذبذب منقادة الى قوانين البندول البسيط أي الى أن تفعل تذبذبات تكون أكثر بطأ كلما بعدت عن مركز التعليق وأكثر سرعة كلما قربت منه وحيث ان جميع النقط المادية المكونة للبندول المركب مرتبطة ببعضها ببعض بلا تغير فلا ياتي لأحدى هذه النقط أن تتذبذب في زمن غير زمن ذبذبة الأخرى فزمن تذبذب هذه النقط جميعها واحد هو متوسط زمن تذبذبها لو تذبذبت كل نقطة على انفرادها فينتج من ذلك ان حركة النقط البعدي عن مركز التعليق تكون معجلة وحركة النقط القربي تكون متعققة وبين هذه وتلك مكان فيه نقط تتذبذب كما لو كانت غير مرتبطة ببقية النقط وهذا المكان يسمى مركز التذبذب والمسافة بين هذا المركز ومركز التعليق تسمى بطول البندول وبالحساب

يتوصل الى تعيين مركز تذبذب البندول المركب متى كان متجانسا اذا شكل هندسي ويتوصل الى هذا التعيين عملا لان البندول اذا علق من مركز تذبذبه صارت نقطة تعليقه الاولى مركزا للتذبذب في الوضع الجديد وبذلك يكون زمن التذبذب في الوضعين واحدا وعلى ذلك فلتعيين طول بندول مركب تفعل تذبذبات زمنها معلوم ثم يقلب وضعه ويبحث بالاستقراء عن النقطة التي بتعليقه منها يكون زمن تذبذبه هو عين زمن تذبذبه قبل قلبه فالمسافة بين نقطة تعليقه الاولى والثانية هي طول هذا البندول وهو طول اذا وضع في معادلة البندول البسيط كانت صادقة على البندول المركب وقوانينهما واحدة وهذه المعادلة هي

$$(١) \quad \tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

والقوانين التي ذكرناها مستخرجة من هذه المعادلة التي فيها τ رمز لزمن التذبذب الواحدة وحرف L لطول البندول وحرف g لشدة الثقالة و τ للنسبة الكائنة بين الدائرة وقطرها

أما القانون الاول والثاني من القوانين الاربع فيستتبان منها بمجرد النظر لان المعادلة لا تحتوى على شيء يتعلق بسعة التذبذب ولا بكثافة المادة المركب منها البندول فزمن التذبذب τ حينئذ لا يتعلق بهما

ولاستنتاج الثالث نفرض بندولا آخر طوله L وزمن بالحرف τ لزمن واحدة من تذبذباته فيكون للبندول الثاني

$$(٢) \quad \tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

أما قيمة g فواحدة في البندولين حيث ان التذبذبات واقعة في محل واحد واذا قسمنا المعادلة (١) على المعادلة (٢) واخترنا يحدث

$$(٣) \quad \frac{\tau}{\tau} = \frac{L}{L}$$

وهي تدل على أن التذبذبات في محل واحد تكون متناسبة مع الجذر التربيعي لاطوال البنادل ولاستنتاج القانون الرابع نفرض بندولا طوله L كالاول تذبذب في محل غير الذي تذبذب فيه الاول وزمن للحرف τ لزمن كل تذبذب من تذبذبات الثاني وبالحرف g لشدة الثقالة في محل تذبذب هذا البندول فيكون

$$(٤) \quad \tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

وبقسمة

وبقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٤) والاختزال يحدث

$$(٥) \quad \frac{\sqrt{g}}{g} = \frac{v}{r}$$

وهي تدل على أن زمن تذبذبات بندل متساوية الطول متذبذبة في محال مختلفة تكون على العكس من الجذر التربيعي لشدة الثقالة في هذه المحال

وإذا ربع طرفا المعادلة (١) أمكن استخراج قيمة g منها فتكون

$$(٦) \quad \frac{g}{r} = \frac{v^2}{r^2} \quad \text{ومنها} \quad g = \frac{v^2}{r}$$

وبذلك يرى أنه لمعرفة قيمة معجزة الثقالة في محل معين يبحث عن الزمن t اللازم لتذبذبات بندول معلوم الطول

٥٣ - قياس شدة الثقالة - عينت شدة الثقالة بالبندول كما ذكرنا فدللت التجربة على أن قيمة g واحدة في جميع الاجسام مهما كانت طبيعتها في المحل الواحد ولكنها تختلف من محل الى آخر باختلاف العروض فتزداد من خط الاستواء الى القطب ففي خط الاستواء $g = ٩,٧٨$ متر وعلى عرض ٤٥° $g = ٩,٨٠٥$ متر وباحتساب ما تفقده الاجسام من وزنها في الهواء يصير في باريس $g = ٩,٨٠٩٩$ متر فيكون طول البندول الذي تستغرق في باريس ذبذبه الواحدة ثانية واحدة $٠,٩٩٣٨٦$ متر وفي خط الاستواء $٠,٩٩١٠٣$ متر وفي القطب $٠,٩٩٦٦٧$ متر

وازداد شدة الثقالة بالقرب من القطب متسبب عن امرين

الاول - هو أن الكرة الارضية مفرطحة في القطبين ومنتهجة في خط الاستواء فالاجسام التي على سطح الارض في جهة القطبين تكون اقرب الى المركز من الموجودة على سطح الارض نحو خط الاستواء ومعلوم أن جذب الكتلة الكرية يحصل كما اذا كانت جميع جزئياتها مجمعة في المركز وأن قوة هذا الجذب تكون على العكس من مربع المسافة فيستنتج من ذلك أن الاجسام التي جهة خط الاستواء تنجذب بشدة اقل من الشدة التي تنجذب بها الاجسام القريبة من القطبين

الامر الثاني - هو أن القوة المركزية الطاردة تؤثر في اتجاه مصاد للثقالة تأثيرا أشد في جهة الاستواء منه في جهة القطبين

٥٤ - استعمال البندول - البندول مستعمل لقياس شدة الثقالة في المحال المختلفة ولتنظيم حركة الساعات وأساس هذا الاستعمال الاخير هو تساوي أزمنة التذبذبات الصغيرة

فإذا كان الجسم ليس عليه إلا الاتئقال الى الامام لزم أن تكون المركبة العمودية التي رهنها بالحرف ب مساوية لوزن الانسان حتى توازنه والمركبة الافقية ح تقدم وحدها مركز الثقل الى الامام

وقد أفادت المشاهدة في المشى المعتاد على أرض افقية أن الجذع ينتقل تقريباً على خط مستقيم وأن الاتئقال الحاصل له في الاتجاه العمودى قليل جداً فان متوسط سعة تغير ارتفاع الجذع هو ٣٢ ملليمتر فيكون تغير مركز الثقل أقل من ذلك حيث كانت حركة الجذع في الاتجاه العمودى ناتجة عن الانبساط والانقباض المتبادلين للساقين فينتج عن هذا التبادل اتئقال مركز الثقل في اتجاه مضاد وحيث كان مركز الثقل يتحرك في اتجاه مواز للأرض فان المركبة العمودية ب للقوة الدافعة تعادل دائماً وزن الجسم فهى حينئذ مساوية له ولذا كان من السهل معرفة القوة المقدمة أى المركبة الافقية المقابلة لميل معين للساق الدافعة للجسم الى الامام ويرى أن هذه القوة تشتد بانساع زاوية ميل العضو المحرك

وليست القوة الدافعة قوة مستمرة ولكن مدة انقطاع تأثيرها عبارة عن لحظات متساوية وكذلك المركبة الافقية لها وعلى ذلك فإذا كان الجسم لا يجد مقاومة ما في سيره فانه يتقدم بسرعة معجلة ولكن مقاومة الأرض له تجعل حركته منتظمة لانه حينما تدفع احدى الساقين الجسم الى الامام تسقط على الأرض القدم الثانية التي كانت مرتفعة فتجد من الأرض مقاومة بها تنعدم قوة التقدم المتولدة بالساق الاولى ويحصل من ذلك وقوف الحركة اذالم تقم الساق الثانية مقام الاولى في توليد سرعة جديدة في الجسم وهى سرعة تنعدم كذلك بسقوط الساق الاولى على الأرض التي بارحتها مدة انبساط الثانية وهكذا فيصير بذلك المشى حركة دورية

فالمشى شبيه بحركة منتظمة لعربة مجرورة فيها القوة ثابتة تقاوم مقاومة ثابتة أيضاً فان الساقين يتناوبان في دفع الجسم الى الامام بسرعة حتى ان الزمن الذى يكون فيه مركز الثقل غير متأثر بقوة دفع يصير غير محسوس وكيفية تولد قوة الدفع بفعل الساقين هو أن المفصل الركبى للساق المرتكزة على الأرض ينبسط أولاً فتصير الساق عبارة عن حامل ثابت للفخذ وهذا الفخذ يدفع الجسم الى الامام ومتى تم انبساط المفصل الركبى أخذ المفصل القصبى الرسمى في الانبساط فينفصل الكعب عن الأرض ثم القدم شيئاً فشيئاً وكلما انفصل جزئ من أخص القدم عن الأرض أحدث تأثيراً دافعاً في جسم الانسان بواسطة الساق فالقوة المؤثرة في مركز الثقل ليست حينئذ عبارة عن دفعات برهية متوالية بانتظام بل قوة تأثيرها مستمرة وشدها

تسكاد تكون ثابتة مدة انبساط العضو السفلى أما إذا انفصلت الساق عن الأرض دفعة واحدة بحركة فجائية برهية فإن الخطوة تكون أقل سعة والقوة الدافعة أقل شدة فيحصل التقدم ببطء ويحتاج إلى مجهود عظيم في العضلات

٥٦ - تطبيق قانون البندول على المشي - يتميز مشي الإنسان بانتظامه وما هذا الانتظام إلا لكون حركات الساقين متقادة لقوانين تذبذب البندول ففي الزمن الذي فيه تنبسط الساق المرتكزة على الأرض تقصر الساق الثانية بعد أن تصل إلى منتهى استطالتها وهذا بانثناء مفصل الركبة وتنفصل عن الأرض وتذبذب من الخلف إلى الأمام وكل جسم يتذبذب حول محور يمكن تمثيله ببندول مركب زمن تذبذبه كما علمنا متعلق بطوله فالساقان تتحركان واحدة بعد أخرى على التوالي حركات متعاقبة بها يتحرك الجسم بانتظام كانتظام تذبذبات البندول وهذا الانتظام يظهر بتساوي أزمنة الخطا

وفي العادة تكون مدة ذبذبة الساق المرسله هي مدة انبساط الساق المرتكزة على الأرض ففي وقت وصول هذه إلى منتهى استطالتها تسقط عديلتها على الأرض وتبتدى في الانبساط حال كون الثانية تأخذ في الذبذبة بعد مبارحتها الأرض

وانبساط الساق يحصل بسرعة تختلف برغبة الماشي فكلما كان القصد سرعة السير كان أحداث تعدد الساق سريعاً ولكن زمن الذبذبة الكاملة لا يتغير مادام البندول باقياً على ما كان عليه فينتج من ذلك أن الساق المتذبذبة لا تجدد دائماً زمنها كافياً لأن تقطع جميع القوس المقابل لذبذبة كاملة حيث ينتهي سيرها وقت انتهاء تعدد الساق المرتكزة على الأرض وفي المشي البطيء يكون زمن حركة الانبساط كافياً لأن تقطع الساق المتحركة قوس تذبذبها كله بحيث أن الساقين يستقران على الأرض معاً زمنهما محسوساً ففي هذا الوقت يقسم العمودى المار بمرکز الدوران أى المار برأس عظم الفخذ الزاوية المتكونة من الساقين إلى قسمين متساويين أما إذا كان المشي سريعاً فإن القوس المقطوع بالساق المتحركة يقصر في جزئه المقدم فلا يكون العمودى المار بمرکز الدوران قاسماً للزاوية المتكونة من الساقين في منتهى تباعدهما إلى قسمين متساويين بل يكون أقرب إلى الساق المقدمة منه إلى الساق الخلفية وإذا كان المشي سريعاً جداً فإن القوس المقطوع بالساق المتحركة لا يقابل النصف ذبذبة والساق المتحركة تكون وقت سقوطها على الأرض متفقة مع العمودى المار بمرکز الدوران وسعة الذبذبة لا تكون أصغر من النصف حيث يلزم أن يكون هي مرکز الدوران محمولاً بالساق وقت اتكائها على الأرض بواسطة القدم وفي العدو يكون زمن انبساط الساق المقارنة على الأرض

أقل من زمن نصف ذبذبة الساق المتحركة فينتج من ذلك أنه في العدو تمر لحظات لا تكون فيها الاقدام ملامسة للأرض فيكون فيها الجسم معلقا في الهواء

ومما يساعد على المشي انخفاض الجذع عن الارتفاع الذي يكون فيه حال الوقوف وهذا يحصل دائما في المشي السريع والعدو وتأثير هذا الانخفاض يصادف نقص زمن الانبساط بزيادة طول الخطوة لانه متى كان الجذع ومعه محور دوران السوق أسفل ما يكون قصرت الساق فيصير تذبذبها سريعا وازدياد سرعة الذبذبة يقضى بزيادة مقابله في القوس المقطوع مدة زمن معلوم بالساق المتذبذبة ونتيجة ذلك ازدياد في الخطوة وحينئذ فكلما ازدادت سرعة المشي نقص زمن الخطوة لان الساق التي على الأرض تنفرد في زمن أقل والساق المتحركة تتذبذب بأكثر سرعة وفي آن واحد تنسع الخطوة

٥٧ - عمل مركز الثقل في المشي - تتغير حالة الجذع ومعها مركز الثقل بتغير سرعة المشي فمركز الثقل متى كان محمولا بساق واحدة يكون في موازنة غير ثابتة وتأثير الدفع الحاصل من انبساط الساق الموضوعة على الأرض فيه يسقط قاطعا لقوس دائرة ان لم تدرك الساق المتحركة فتحمله فهذه الساق تتم في وقت سقوط مركز الثقل حركة ذبذبتها وتصير حاملة للجسم وكلما كان زمن الانبساط والذبذبة قصيرا أى كلما كان المشي سريعا كان لمركز الثقل ميل للسقوط دفعة وهذا هو الداعي لميل الجذع الى الامام كي يسهل بذلك خروج خط التثاقل من القاعدة وهي في هذه الحالة أخص القدم الموضوعة على الأرض وفي ميل الجذع فائدة أخرى وهي أن يعارض حركة الدوران من الامام الى الخلف التي تحصل في الجذع بسبب وجوده في حالة موازنة غير مستقرة فوق محور الدوران مدفوعا بقوة مرتكزة أسفل مركز الثقل فاذا لم يعمل الجذع فان العضلات التي تثني الفخذ فوق الحوض تتكافى لمنع هذه الحركة فيصير المشي متعبا

وبسبب مقاومة الهواء لحركة التقدم يميل الجذع الى الامام أيضا لان هذه المقاومة تميل لالقاء الجسم الى الخلف وأثناء دفع الجسم الى الامام باحدى الساقين تفعل الساق الثانية ذبذبة من الخلف الى الامام فتغير حركة التقدم على الخط المستقيم وتحصل في الجسم حركة دوران على اليمين والشمال بالتوالي حول محوره الطولي لولا حركة الاعضاء العليا التي تمنع هذا التغير والدوران ولذا نرى أثناء ذبذبة احدى الساقين من الخلف الى الامام تحرك الذراع الذي في جهة الساق المتذبذبة من الامام الى الخلف أى ان الذراع المقابل لاحدى الساقين يتحرك في اتجاه حركة الساق الاخرى ومن الاهتزاز الحاصل في الاعضاء العليا تولد محصلة دوران تتلافى المحصلة المضادة لها الحاصلة بالساق المتذبذبة

٥٨ - معادلة قوانين المشي - ليكن α و β الساقين حين تكون احدهما مرتكزة على الارض في وضع عمودي والثانية مكونة مع الاولى الزاوية α فهذه الثانية تنفرد حال ارتكازها على الارض لتدفع مركز ثقل الجسم الى الامام بالقوة التي تولدها الساق المحركة β تختلف باختلاف زاوية بعد الساقين α و β

ولتضمن لهذه الزاوية بالحرف α للاختصار ففي أى وقت من أوقات الخطوة يلزم ان تكون ذات كبر بحيث تؤثر المركبة الافقية وحدها في تقدم مركز الثقل الى الامام فتكون اذا المركبة العمودية مساوية لوزن الجسم W فاذا رمزنا بطول الساق العمودية على الارض أى ارتفاع رأس الفخذ على سطح الارض بالحرف h وبالحرف l لطول الساق المائلة على الارض وبالحرف e للمسافة α أى لطول الخطوة كان في المثلث القائم الزاوية α و β العلاقة الآتية بين الكميات المرموز لها

$$l^2 = e^2 + h^2 \quad \text{ومنها} \quad e = \sqrt{l^2 - h^2}$$

وهي علاقة تدل على أنه اذا لم يتغير طول الساق المائلة فطول الخطوة e يزداد بنقصان الارتفاع h لرأس الفخذ فوق الارض وبمقابله المثلثين المتشابهين α و β و γ يحدث

$$\frac{e}{h} = \frac{b}{a}$$

b رمز للمركبة العمودية وهي مساوية لوزن الجسم W و a رمز للافقية ومن المتساوية السابقة يستخرج

$$e = a \frac{b}{h}$$

ومعنى هذه المعادلة أنه لا بد للمركبة العمودية لقوة الانبساط المتوالة بالساق المتحركة من الازدياد كلما ازداد وزن الجسم واتسعت الخطوة وصار طول الساق أقل ولايجاد علاقة بين الكميات المتقدمة وسرعة الخطوة نفرض أن شدة المركبة الافقية a للقوة الباسطة ثابتة زمن الخطوة وان القوة العاملة المتوالة لا تنعدم بمقاومة الارض الا في وقت ملامسة الساق المتذبذبة لها وهو الوقت الذي تنتهى فيه حركة انبساط الساق الاخرى ومن ثم تكون القوة المعجلة في آخر الخطوة قد أحدثت عملاً علامته هي

$$a = \frac{1}{m} \frac{d^2 s}{dt^2}$$

وباستبدال

وباستبدال الكتلة L بقيمتها $\frac{L}{g}$ يحدث

$$C = \frac{1}{3} \frac{L}{g} S^2 \quad \text{ومنها} \quad S^2 = \frac{3Cg}{L}$$

وبوضع قيمة C المستخرجة من المعادلات السابقة وهي $\frac{L}{g}$ يحدث

$$S^2 = \frac{3Cg}{L} \quad \text{ومنها} \quad S = \sqrt{\frac{3Cg}{L}}$$

ومن هذه المعادلة يتبين أن سرعة مركز الثقل النهائية في الاتجاه الأفقي في آخر كل خطوة تكون متناسبة مع طول الخطوة وعلى العكس من الجذر التربيعي لارتفاع راس الفخذ عن الأرض

المطلب الثاني

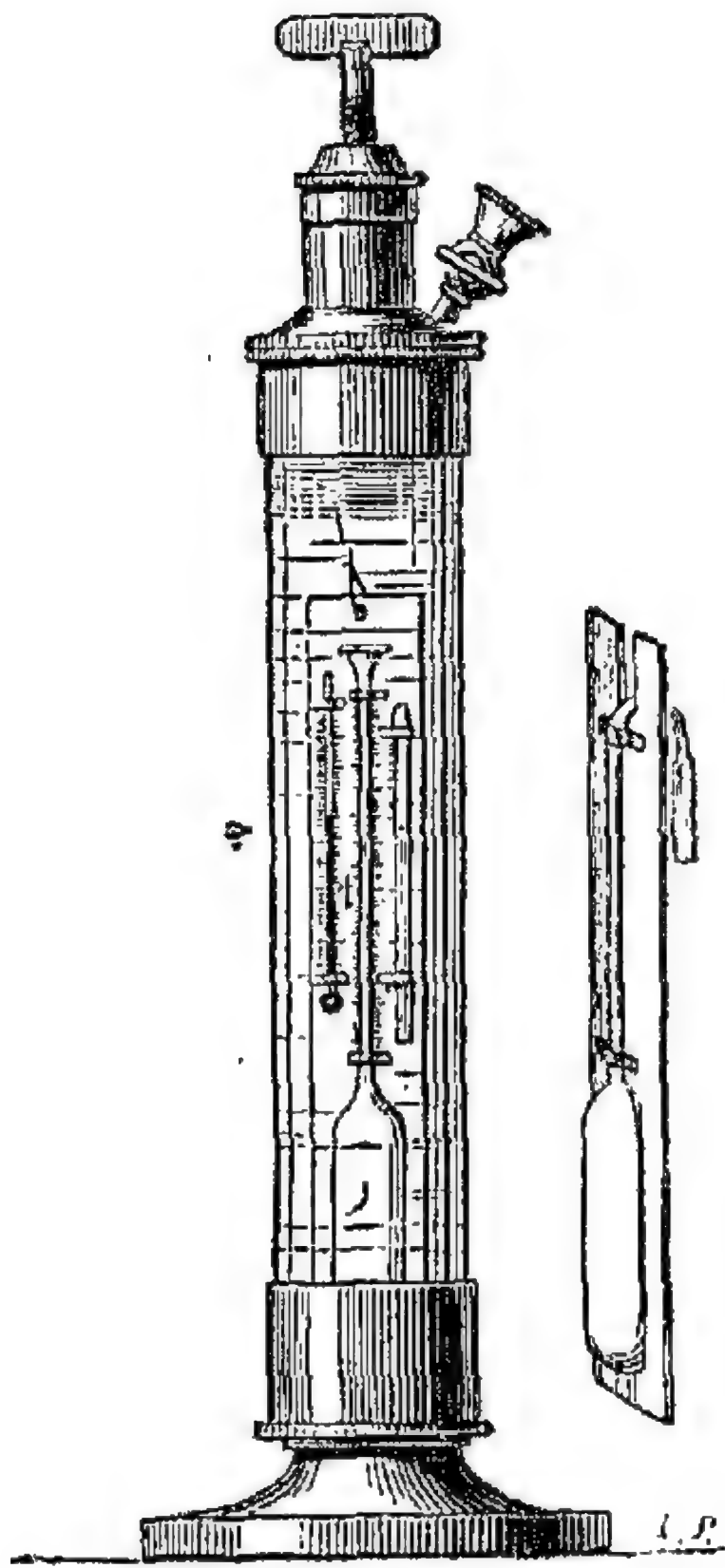
ما يتعلق بالأجسام السائلة

الخواص العمومية للأجسام السائلة

٥٩ - حالة السيولة - هي التي فيها جزيئات المادة تتجاذب بشدة ضعيفة حتى لا يبقى بعضها مرتباً ببعض ارتباطاً متيناً ولذلك كان أقل مجهود كافياً لتغيير مواضعها ولذا كانت كل قوة مؤثرة في سائل تحدث فيه نتائج أعظم مما تحدثه بتأثيرها في جسم صلب فالثقل مثلاً يؤثر في جميع الجزيئات المادية صلبة كانت أو سائلة ولكنه لا يحدث بتأثيره في الأولى تغيراً محسوساً في شكل الأجسام لعدم قدرته على قهر الجذب الضام بعض جزيئاتها البعض ولكنه يتغلب على المقاومة الضعيفة الحاصلة من قوة الجذب بين جزيئات السائل وهذا هو السبب في كون شكل الكتلة السائلة متعلقاً بتأثير التشاقل ولذلك تتشكل السوائل بشكل الأواني التي هي فيها

٦٠ - قابلية السوائل للضغط - شكل الأجسام السائلة يتغير بسهولة بسبب حركة جزيئاتها التي ينزلق بعضها على بعض بسهولة فليس لها شكل مخصوص ولذلك كانت إذا عرّضت لتأثير قوى خارجية لا يحصل في حجمها إلا تغير خفيف جداً بالنسبة لما يحصل من التغير في حجوم الأجسام الصلبة وخصوصاً الغازية موضوعة في الظروف التي وضعت فيها

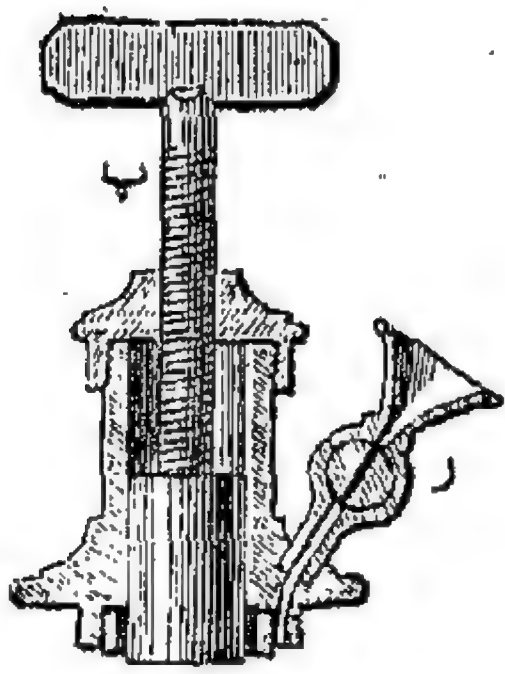
الاجسام السائلة ما لم يحصل تغير في درجة الحرارة اذ قد علمنا أن الاجسام الصلبة اذا ضغطت أو شدت حصل في كثافتها ازدياد أو نقصان واضح وليس الامر كذلك في الاجسام السائلة فان ما يحصل في حجمها من النقصان بالضغط يسير جدا ويحتاج الى مجهود عظيم ولا يدرك هذا النقصان الا بصعوبة لان الاجسام التي يضغط فيها السائل تنقاد للضغط أكثر من انقياد السائل له بكثير وقد زالت هذه الصعوبة باستعمال أجهزة تسمى بيزومترات اناؤها المضغوط



ش ٣٥

فيه السائل مضغوط من الظاهر بضغط مساو للضغط الواقع على السائل وأحسن هذه الاجهزة بيزومتر (ارستيد) وهو كعب من مستودع اسطواناني الشكل من الزجاج ر (شكل ٣٥) حجمه معلوم يعاونه أنبوبة شعيرية مقسمة الى أقسام متساوية السعة منتهية بقع والمستودع بأنبوبة موضوعة على لوح من النحاس يحمل ترمومتر معدا لمعرفة درجة الحرارة وقت التجربة وأنبوبة مسدودا أحد طرفيها من كسبة مملوءة بالهواء معدة لمعرفة الضغط فيملأ البيزومتر بالسائل ويوضع في القمع نقطة من الزئبق يستدل بها على ما يحصل في حجم السائل من التغير ويدخل الجهاز في اناء اسطواناني من الزجاج الثخين ج مثبت بجزئه السفلي على قاعدة معدنية وجزؤه العلوي محزوم بحزام من النحاس ذي مكبس يتحرك بواسطة برمة ب (شكل ٣٦) وبواسطة

خنقية ر يصب في الاناء الاسطواناني الماء الى أن يخرج من فتحة جانبية فتسد الخنقية ويخفض المكبس فيضغط ماء الاناء وهذا



ش ٣٦

الضغط ينتقل لسائل البيزومتر بالزئبق ونقصان حجم السائل يعلم بالدرجات التي انخفض بها الزئبق بالضغط ومن سطح الماء في الانبوبة الهوائية يعلم هذا الضغط وبقسمة ما نقص من حجم السائل على حجم السائل والضغط معبرا بالجو يتحصل عامل الضغط وهو العامل

الظاهري لعدم احتساب ما يحصل في البيزومتر (المستودع وأنبوبة) من التغير لان هذا الغلاف بسبب الضغط المتساوي الواقع عليه من الظاهر ومن الباطن يتقبض فيرتفع السائل في الانبوبة الشعيرية فينقص من كمية ما انخفض من السائل المضغوط بقدر ما ارتفع منه

وتغير

وتغير الحجم الحقيقي يكون بإضافة انضغاط المستودع الى الانضغاط الظاهري للسائل وبقسمة
الحاصل على الحجم جميعه والضغط يحصل عامل الانضغاط المحض

وهذه عوامل الانضغاط لبعض السوائل التي عينها (جراسي) على درجة الصفر

زئبق ٠.٠٠٠٠٠٣

ماء ٠.٠٠٠٠٥٠٢

إيثير ٠.٠٠٠١١١

كحول ٠.٠٠٠٠٨

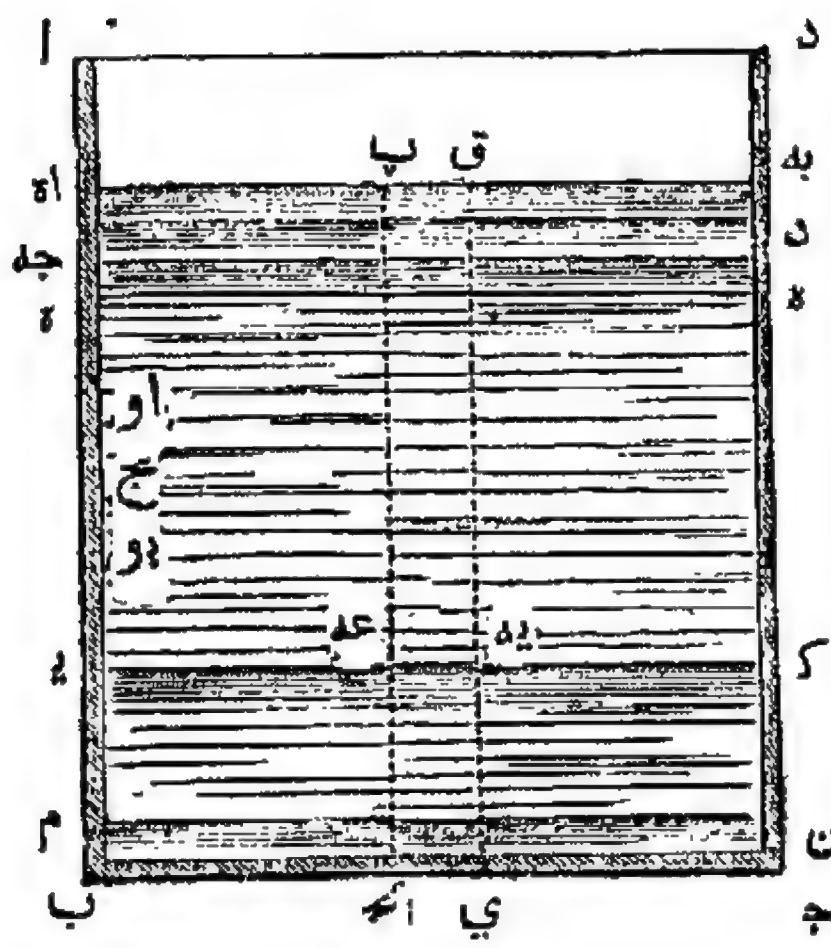
كلوروفورم ٠.٠٠٠٠٦

ومن هذه الاعداد يرى أن قابلية انضغاط السوائل ضعيفة جدا والطريقة الوحيدة لحصول
نقصان أو ازدياد في كثافتها تنحصر في رفع حرارتها أو خفضها وضعف قابلية الانضغاط
في السوائل يفسر بالازدياد العظيم الذي يحصل في القوة المنفرة المؤثرة بين الجزيئات متى
صغرت المسافات بينها فعندما تكون السوائل معرضة للضغط الجوى تكون القوى الجزيئية
الجاذبة والمنفرة موازتا لبعضها البعض تقريبا فاذا ازداد الضغط تعاضمت شدة القوى المنفرة
بقوة فتصير مانعا قويا للقرب بعض جزيئات السوائل من بعض وأما إذا خف الضغط الخارجي
الواقع على السائل كما اذا وضع السائل في وسط عمل فيه الفراغ فان جزيئات الطبقات العليا
تنفصل عما تحتمل فتصير خارجة عن حدود جذبها فتصير القوى الجاذبة عاجزة عن جعل السائل
في حالة السيولة فينتجخرو ويصير غازيا

٦١ - مرونة السوائل - السوائل مرنة ولذا كانت نقط الزئبق والماء مثلا اذا
سقطت على سطح صلب عادت على نفسها وسترى براهين أخر على هذه المرونة مأخوذة من
توصيل السوائل للاصوات ومرونة الاجسام السائلة تامة أى انها تعود عودا تاما الى
حجمها الذي كانت عليه قبل الانضغاط متى زال الضغط

٦٢ - قاعدة إسكال وتسمى قاعدة تساوى الضغط - كل ضغط يحصل في نقطة ما من
كتلة سائل فانه ينتقل الى جميع النقط على التساوى وهذه القاعدة انما هي نتيجة قابلية
الجزيئات للحركة وبيان ذلك نقول ان جزيئات الاجسام السائلة تجزيئات الصلبة تميل الى
أن تسقط سقوطا عموديا وتسقط فعلا اذا لم تجد ما يمنع حركتها فاذا كانت موضوعة مثلا على
سطح مستوي يمنع انقيادها للقانون التفاضل فانها لا تسقط ولكنها تتحدث على هذا السطح ضغطا

متناسبا مع كتلتها فاذا فرضنا اناء كانه ا د ح ب (شكل ٣٧) محتويا على حجم من سائل



ش ٣٧

يحتوى على عدد عظيم من الجزيئات واعتبرنا انقسام كتلة السائل الى عدة طبقات بعضها فوق بعض به ا ه د ج ه ه الخ فن الواضح ان الطبقة الاولى به ا ه تضغط بجميع وزنها الطبقة د ج ه التي تحتها وان الطبقة الثالثة ه ه تحمل وزن الطبقتين معا وهكذا الى الطبقة الاخيرة م ن فانها تحمل وزن جميع الطبقات التي تعلوها والضغط الواقع على قعر الاناء ب ح يكون مساويا لوزن كتلة السائل كلها به ا ه م ن وكل طبقة من الطبقات

الكائنة في وسط السائل تحمل ضغطا يساوى وزن الطبقات التي تعلوها فالطبقة ك د مثلا تحمل وزن جميع السائل الذي يعالوها به ا ه ك د واذا لم نعتبر الطبقة كلها واعتبرنا جزءا منها كالجزء يه عه فان هذا الجزء لا يحمل الا وزن عمود السائل الذي يعالوه و ب يه عه والضغط الحاصل على الجزء ي ح من قعر الاناء هو وزن العمود و ب ي ح

وبذلك يرى أن كل جزيء كائن في داخل السائل يحمل ضغطا متجها من أعلى الى أسفل مساويا لوزن الصف العمودي للجزيئات التي تعلوه ونعلم أن من أهم صفات السوائل تحرك جزيئاتها بعضها بالنسبة لبعض في جميع الاتجاهات بتأثير أى قوة ولذلك ترى الجزيء عه لكونه مضغوطا بصف الجزيئات التي تعلوه ب عه يميل الى الانزلاق في الاتجاه يه عه كما يميل الى الانزلاق في الاتجاه عه ب و عه ح ولكنه ممنوع عن الحركة ومضطر للبقاء في مكانه بمقاومة الجزيئات المجاورة له فيحدث حوله في جميع الاتجاهات ضغطا مساويا للواقع عليه وبهذا السبب كان كل ضغط يحصل في نقطة ما من كتلة سائل ينتقل في جميع الاتجاهات على التساوى وحيث ان لكل فعل ردا يساويه فان الجزيئات المجاورة للجزيء المضغوط في جميع الاتجاهات تحدث فيه ضغطا مساويا لضغطه وعلى ذلك فالجزيء عه مضغوط من جميع الاتجاهات بقوة تساوى وزن عمود السائل ب عه ومن ذلك يستنتج كلية مهمة هي كل جزيء من سائل في حالة موازنة يكون مضغوطا في جميع الاتجاهات ولنعبر الآن نقطة من جدران الاناء كالنقطة او فهذه النقطة بناء على ما قررناه تحمل ضغطا عموديا على سطح الجدار مقدار وزن الصف ا ه او من الجزيئات الكائنة فوق الجزيء المجاور لهذه النقطة من الجدار والسطح او ب و يحمل كذلك ضغط ا ه ج وهو وزن عمود من السائل قاعدته

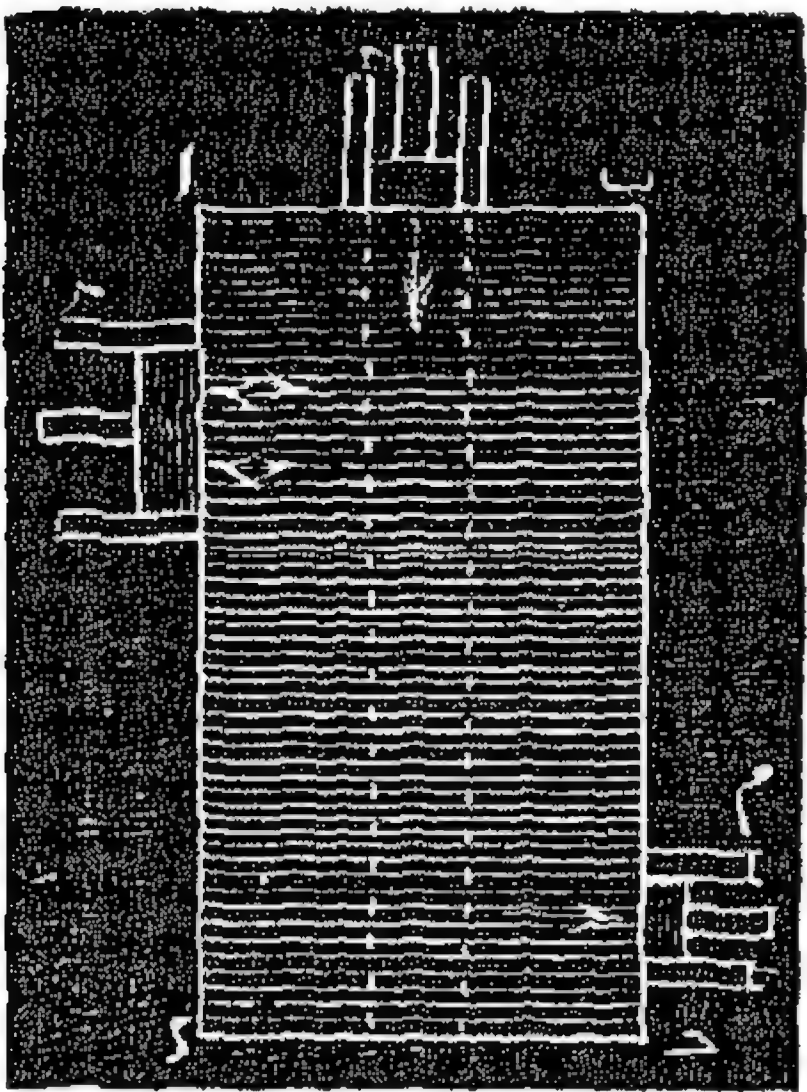
السطح

السطح أو بوجه نفسه وارتفاعه اهـ ج أى المسافة بين سطح السائل وبين مركز ثقل السطح وما يصدق على جدار الاناء يصدق أيضاً على أى جزء كان فى كتلة السائل

ويحقق ضغط السوائل على جدار الاناء التى هى فيها بالتجربة بأن يثقب فى جدار الاناء ثقب فيتر السائل من كل ثقب فيكون السلسول أولاً عمودياً على الجزء المنقوب ثم ينثنى بتأثير التناقل فالجزئيات السائلة حينئذ الملاصقة للجدار جانبية كانت أو غير جانبية تحدث فيها ضغطاً عمودياً وحيث ان الضغط يحصل فى جميع الاتجاهات فى الضرورة يحصل من أسفل الى أعلى أيضاً ويستدل على وجوده بان تؤخذ أنبوبة متسعة من الزجاج ويستطرفها السفلى بقرص مستو يمر من وسطه خيط به يجذب ثم تغمر هذه الأنبوبة فى الماء فيحصل على السطح السفلى ضغط بصيربه القرص منطبقاً على فتحة الأنبوبة بحيث يتأتى ارسال الخيط ولا يسقط القرص

ولتعيين مقدار هذا الضغط عملاً يصب الماء فى الأنبوبة شيئاً فشيئاً فيشاهد سقوط القرص متى صار سطح الماء داخل الأنبوبة وسط سطح الماء خارجها فى مستوا واحد وبهذا يتبين أن الضغط الواقع على السطح من أسفل الى أعلى مساو لوزن عمود أسطوانى من السائل قاعدته هذا السطح وارتفاعه ارتفاع السائل فوقه

ولنفرض الآن اناء كأناء ا ب ح د (شكل ٣٨) مغلقاً من جميع الاتجاهات استبدل



ش ٣٨

فيه جزءاً من جداره بمكبس بحيث ان هذا المكبس يدخل باحكام فى الفتحة التى جعلت وأنه وضع على هذا المكبس وزن هـ فوضع الوزن هـ على المكبس كوضع عمود من السائل وزنه هـ فوق ذلك الجزء ومن البين أن كل سطح فى السائل مساو لسطح هذا الجزء فإنه يحمل زيادة على وزن عمود السائل الذى يعالوه ضغطاً يساوى هـ وكذلك يكون الضغط الواقع على الجدار الجانبية للاناء حيث ان الضغط ينتقل الى جميع الاتجاهات على التساوى فالسطح الموقوف عليه مكبس م يكون مضغوطاً من

الداخل الى الخارج (بقطع النظر عن ضغط وزن السائل) بضغط يساوى هـ فيحتاج هذا المكبس الى قوة تضغط من الخارج الى الداخل كي يبقى فى مكانه وتكون هذه القوة مساوية للضغط هـ الذى اتقل بالسائل هذا عدا ما يلزم لموازنة وزن السائل الضاغط على المكبس

فان كانت سعة السطح ضعف سعة الجزء المتقدم بدل أن يكون مساويا له كان الضغط الواقع عليه هو الضعف أى ٢ هـ وان كان ثلاثة أمثاله كان الضغط ٣ هـ وقصارى القول أنه في حالة الموازنة تكون الضغوط الواقعة على أجزاء متساوية مهما كانت متناسبة مع مسطح هذه الأجزاء وعلى ذلك اذا كان و و الضغوط الواقعة على سطوح مستوية مسطحها س و س يكون

$$(1) \quad \frac{و}{س} = \frac{و}{س}$$

وهذه معادلة يمكن وضعها في هذه الصورة

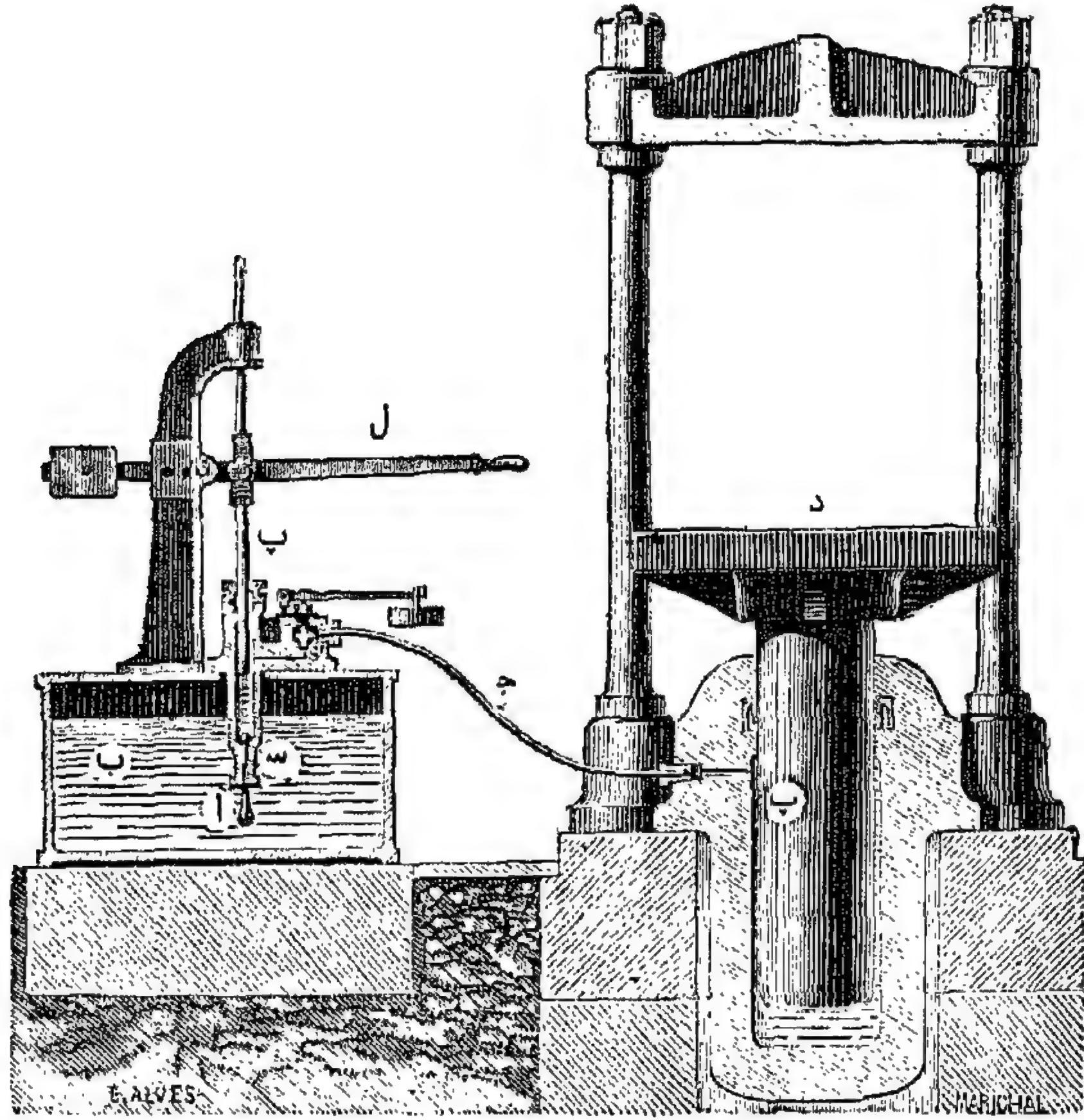
$$(2) \quad \frac{و}{س} = \frac{و}{س}$$

وهذه الأخيرة تقتضى أن نسبة الضغط الحاصل على سطح الى هذا السطح كمية ثابتة وبعبارة أخرى الضغط الحاصل على وحدة السطوح كمية ثابتة ويستنتج من المعادلة (١) امكان استعمال قوة مهما كان صغرها موازنة قوة مهما كانت وذلك باستعمال مكابس مناسبة الكبر ولكن ينبغى أن يلاحظ أن هذه الطريقة تقهر بها المقاومة العظيمة بقوة صغيرة ضعيفة غير أن المسافة التى تقطعها المقاومة أقل بكثير من المسافة التى تقطعها القوة والنسبة بين المسافة المقطوعة بالمقاومة الى المقطوعة بالقوة هى عين النسبة بين المقاومة والقوة فيقال هنا أيضا ما قيل فى الروافع من أن ما يكتب من القوة يفقد فى المسافة أو السرعة

٦٣ - المعصرة المائية - هذه المعصرة مؤسّسة على قاعدة (بسكال) التى ذكرناها قبوا سطة اناء مغلق محتو على سائل يمكن موازنة قوة جسمية من تكةزة على مكبس عظيم فى الاناء باستعمال قوة صغيرة من تكةزة على مكبس آخر

وهى تتركب من جسمى طلومبة (شكل ٣٩) أحدهما صغير والاخر كبير متصلين بأنبوبة ح تحمل خنفيه يستفرغ بها الماء عند الاحتياج ويتصل جسم الطلومبة الصغير بالانبوبة بواسطة صمام ينفتح من الداخل الى الخارج ويتصل هذا الجسم أيضا بأنبوبة جذب ذات صمام س ينفتح من الخارج الى الداخل ومن مكبس ب تحرك رافعة ل فيتحرك باحتكاك لطيف داخل جسم الطلومبة الصغير ومن حوض ب مملوء ماء تنغمر فيه أنبوبة الجذب فيتحرك المكبس ب ينفتح الصمام س المتصل بأنبوبة الجذب فيرتفع الماء فى جسم الطلومبة وفى عودة المكبس يغلق هذا الصمام حيث انه ينفتح من الخارج الى الداخل فيمتنع الماء من العود الى الحوض يدفع هذا المكبس له فيفتح صماما متصلا بالانبوبة ح ويدخل فى جسم الطلومبة الكبير ولا يخرج هذا الماء من هذا الجسم عند رفع المكبس ب لغلق الصمام والماء الذى دخل

في جسم الطلمبة الكبير يرفع مكبسا كبيرا الحجم ب وهذا المكبس يحمل قرصا د مثبتا



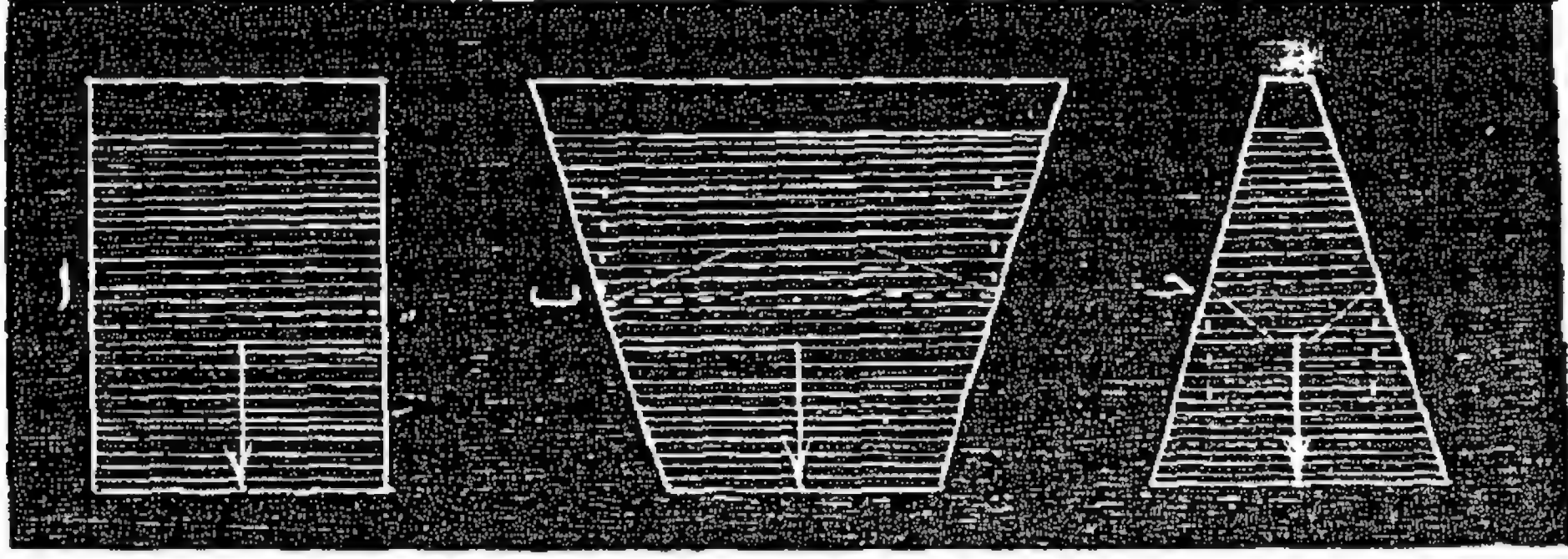
ش ٣٩

فيه وعليه توضع الاجسام المراد عصرها وهذا القرص يهتدى في سيره بعلم مثبتة تنتهي بقرص متين به وبالقرص الاول يحصل عصر وضغط الاجسام

٦٤ - ضغط السائل في حالة موازنة على جزء من جدار الاناء - الضغط الواقع من سائل في حالة موازنة على جزء من جدار الاناء الشامل له أيا كان الضغط يكون دائما عموديا على هذا الجزء لانه لو كان هذا الضغط يميل لتحلل الى قوتين احدهما عمودية والثانية في اتجاه المستوى المار بجزء الجدار الواقع عليه الضغط وهذه الاخيرة تحدث انزلاق الجزيئات الضاغطة على الجدار أي تحدث اختلالا في الموازنة.

٦٥ - ضغط السوائل على قعر الاواني - الضغط الواقع من سائل ذي وزن على القعر الافقي للاناء الذي هو فيه يساوي وزن عمود رأس من هذا السائل قاعدته قعر الاناء وارتفاعه المسافة بين هذا القعر وسطح السائل وهذه القاعدة التي هي نتيجة قاعدة (بسكال) تدل على أن الضغط الواقع من سائل على قعر اناء غير متعلق بشكل هذا الاناء فاذا اعتبرنا ثلاثة اوان ا ب ح أشكالها مختلفة (شكل ٤٠) ومملئة بالماء الى ارتفاع واحد في كل منها وكانت قعورها متساوية فان الضغط الواقع من السوائل على قعورها يكون واحدا فيها يساوي

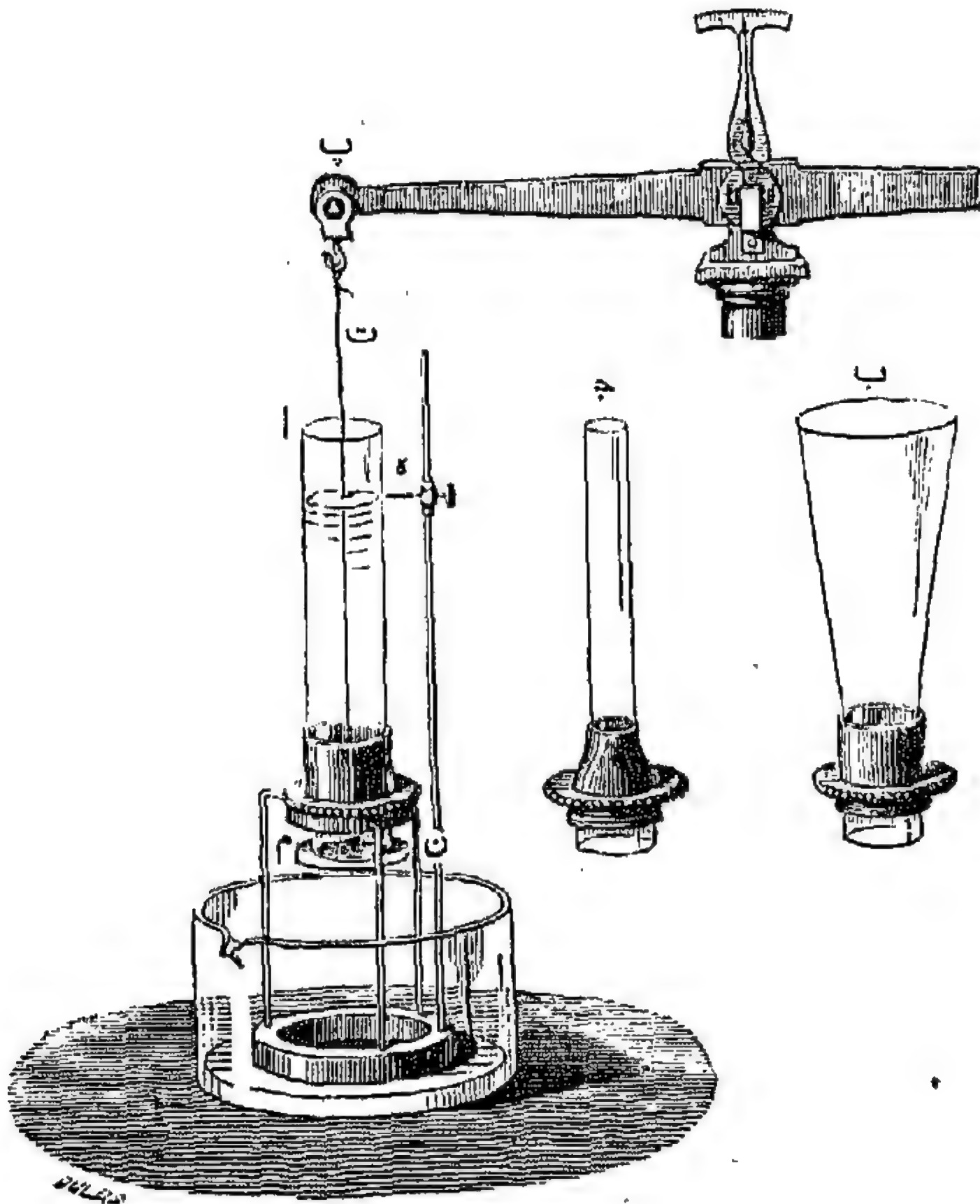
لأنه إذا فرضنا بالحرف α لقعر الاناء وبالحرف β لارتفاع السائل فيه وبالحرف γ



ش ٤٠

لكثافته فهذه كميات ثلاث متحدة في الاواني الثلاثة فينتج من ذلك أن الضغط الواقع على قاعدة الاناء (أ) مساو لوزن السائل الموجود فيه وان الضغط الحاصل على قعر الاناء β أصغر من وزن ما فيه من السائل وان الضغط الواقع على قعر الاناء γ أكبر من وزن السائل الذي فيه وحينئذ فالضغوط الواقعة على قعر الاواني بما فيها من السوائل تكون مساوية أو أكبر أو أصغر من وزن السوائل بحسب الظروف

ويفهم ذلك بتحليل الضغوط العمودية على جدران الاواني الى افقي ورأسي أما الاول فيعدم بعضه بعضا اثنين اثنين وأما الرأسى فيؤثر بحسب اتجاهه تارة في اتجاه الضغط على القعر وتارة في اتجاه مضاده



ش ٤١

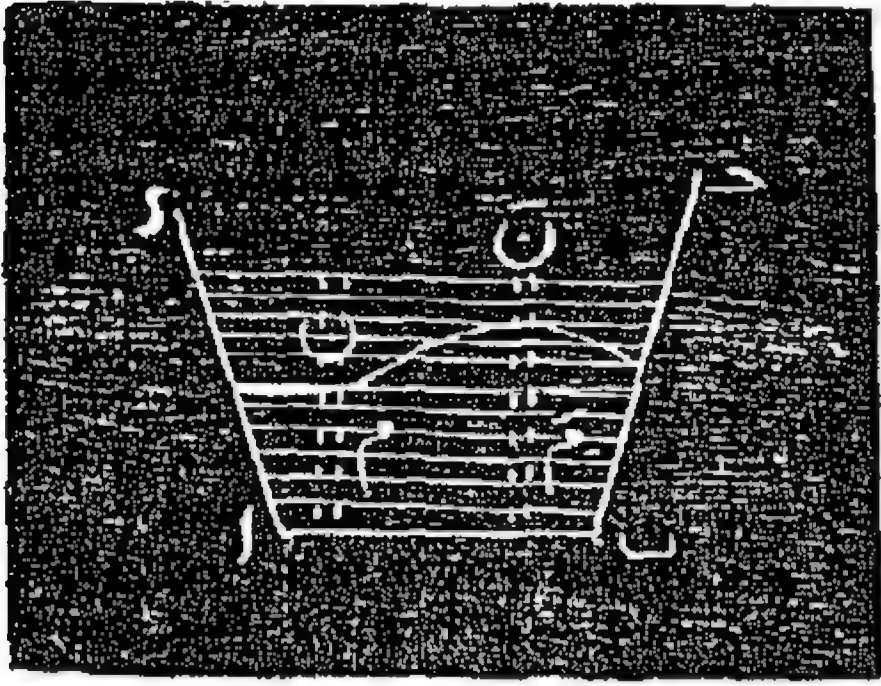
٦٦ - تحقيق قاعدة الضغط

الواقع على قعر الاواني عملا - لتحقيق هذه القاعدة يستعمل جهاز (ماسون) وهو يتركب من ثلاثة أوان (شكل ٤١) α و β و γ لا قعر لها مختلفة في الشكل ولكن الفتحة السفلى التي لكل واحدة منها متحدة الاتساع وكل واحدة منها يمكن وضعها على حامل معدني بواسطة قلاووظ فيوضع أحد هذه الاواني وليكن اناء α مثلاً على الحامل

وتغلق فتحته السفلى بالقفل δ وهو قرص من زجاج محكم الاستواء يعلق بالخيوط

في

٦٧ - استواء سطح السائل في حالة الموازنة - سطح السائل في حالة الموازنة يكون مستويا افقيا وليبان ذلك نفرض سائل في اناء سطحه غير مضغوط (شكل ٤٣) فنقول ان هذا السائل لا يكون في حالة الموازنة الا اذا كان السطح مستويا افقيا لانه لو اعتبرنا جزأين



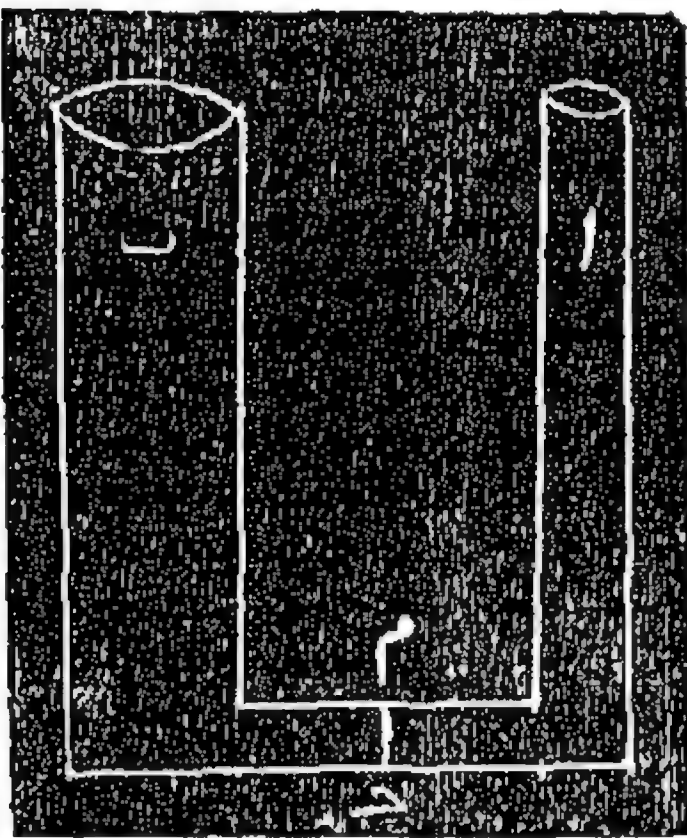
ش ٤٣

صغيرين متساويين كائنين أسفل هذا السطح في مستو أفقي واحد لكان الضغط الواقع عليهما واحدا وقد علمنا أن الضغط الواقع من سائل يتعلق بالمسافة بين السطح المضغوط و سطح السائل فليكون الضغط الواقع على الجزء م مساويا للواقع على الجزء م' يلزم أن تكون المسافة بين م ن عين المسافة بين م' ن' أي يكون

م و م' في مستو أفقي واحد هذا اذا اعتبرنا سطوحا قليلة الاتساع أما اذا كانت السطوح متسعة فحيث ان قوى التثاقل العامة في الجزئيات غير متوازنة بل كلها ملمومة نحو مركز الارض فتكون كل نقطة من السطح عمودية على القوة المؤثرة فيها وبذا يكون سطح السائل عبارة عن جزء من دائرة

وما قدمناه ينطبق أيضا على السوائل الغير القابلة للمزج اذا وضعت في اناء واحد كالزئبق والماء والزيت معا فجميع هذه السوائل لا يكون في حالة موازنة الا اذا كان أثقلها أسفلها وكان سطحها المطلق وسطوح انفصالها أفقية

٦٨ - موازنة السوائل في الاواني المستطرقة - في الاواني المستطرقة تكون السطوح المطلقة للسوائل في مستو أفقي واحد وذلك لانها هي نتيجة قاعدة (باسكال) لاننا لو اعتبرنا اناءين أ و ب (شكل ٤٤) موصلين بموصل فكل جزئ من الجزئيات الكائنة في أنبوبة



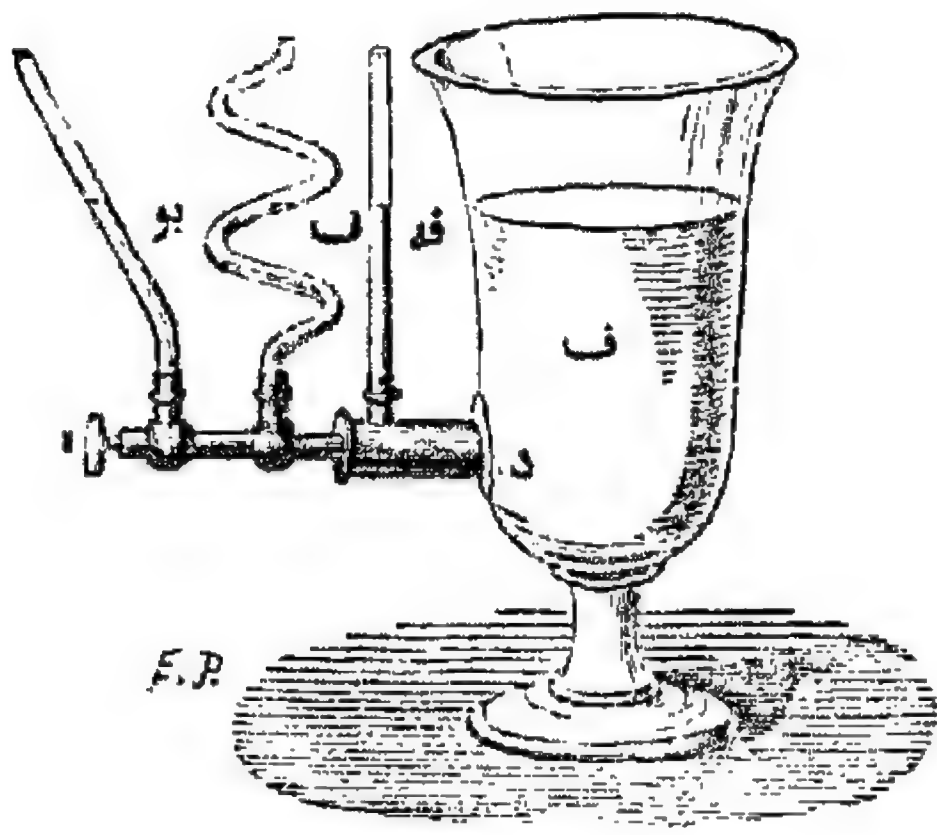
ش ٤٤

التوصيل لا يكون في حالة موازنة الا اذا كان مضغوطا من كل جهة بضغط متساو وهذا الضغط لا يتعلق الا بالسطح المضغوط وارتفاع السائل فاذا فرضنا تصاب جزء من السائل كالجزء م فهذا الجزء يكون في موازنة متى كان الضغط الواقع على أحد سطحيه من السائل الذي في الاناء أ يساوي الواقع على السطح الآخر من السائل الذي في الاناء ب وحيث ان السطحين متساويان فالسائلان في الاناءين متساويان ارتفاعا

وتتحقق هذه القاعدة بالجهاز الآتي (شكل ٤٥) وهو اناء ف من زجاج يتصل به

أنبوبة

أنبوبة د ه مسدودة الطرف يمكن أن يركب عليها أنابيب مختلفة الشكل كالأنابيب
ف ه ب بو فاذا وضع سائل في الأنباء ف فانه يرتفع
في الأنابيب المختلفة ارتفاعا واحدا



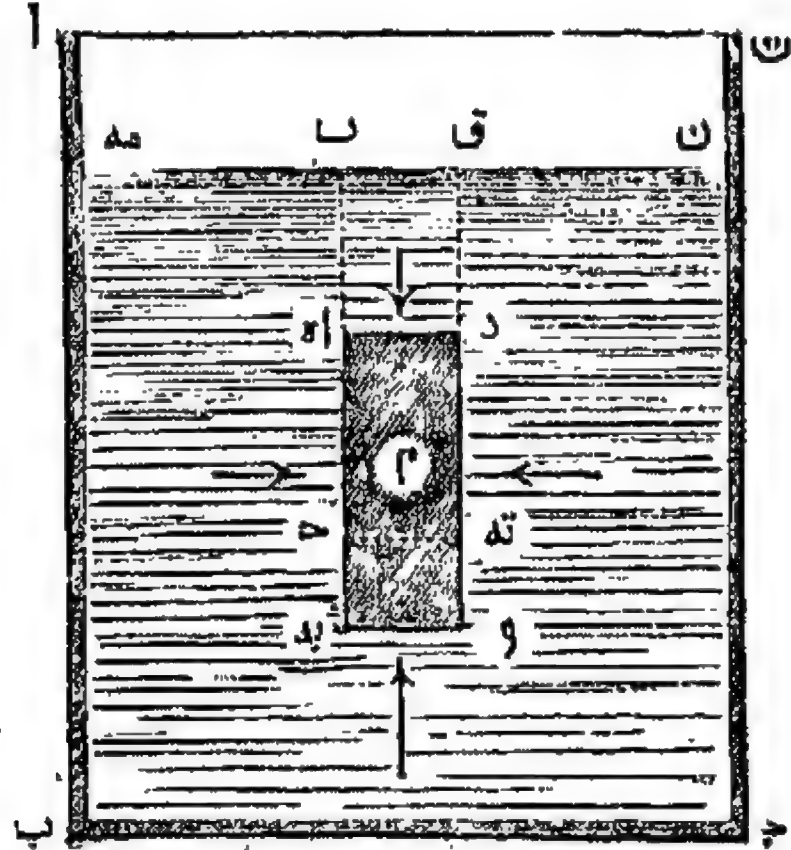
ش ٤٥

وما يصدق على أنابيب متواصلين يصدق أيضا على
الأواني المتواصلة ويصدق كذلك إذا كان السائل
بدل أن يكون متأثرا بقوة الشاغل متأثرا بقوة أخرى
فالمجموع الوعائى للحيوانات مثلا يمكن تشبيهه بمجموع
أو أن متواصلة فيها القلب يحدث عدم تساوى

الضغط احداثا دوريا وذلك بأخذه كمية من الدم الوريدي ودفعها بقوة الى الشرايين فدوران
الدم انما هو بسبب كون الضغط في مبدأ المجموع الشرياني أكثر من الضغط الحاصل في الطرف
الآخر للمجموع الوريدي لأن الضغط في الأوعية الدموية يميل لأن يتساوى في جميع النقاط كما
يحصل ذلك في الأواني المستطرقة بعضها ببعض سواء بسواء وبالجملة فان القوة المحركة لحركة
الدم تنحصر في اختلال الموازنة للسائل والدورة انما هي إعادة الموازنة

٦٩ - قاعدة ارشميدس - رأينا أن جزيئات أى سائل يضغط بعضها على بعض وعلى
جدران الأواني التي هي فيها ضغطا هو عين الواقع عليها انفسها وتسلك هذا المسلك بالنسبة
للأجسام الصلبة الموضوعة في السائل

والضغط الواقع على نقطة من جسم مغمر في سائل يتعلق بارتفاع السائل فوق هذه النقطة
فالسطح العلوى للجسم م مثلا (شكل ٤٦) يتحمل ضغطا مساويا لوزن العمود د ا ه ب
والسطح السفلى وبه منضغط من أسفل الى أعلى بقوة



ش ٤٦

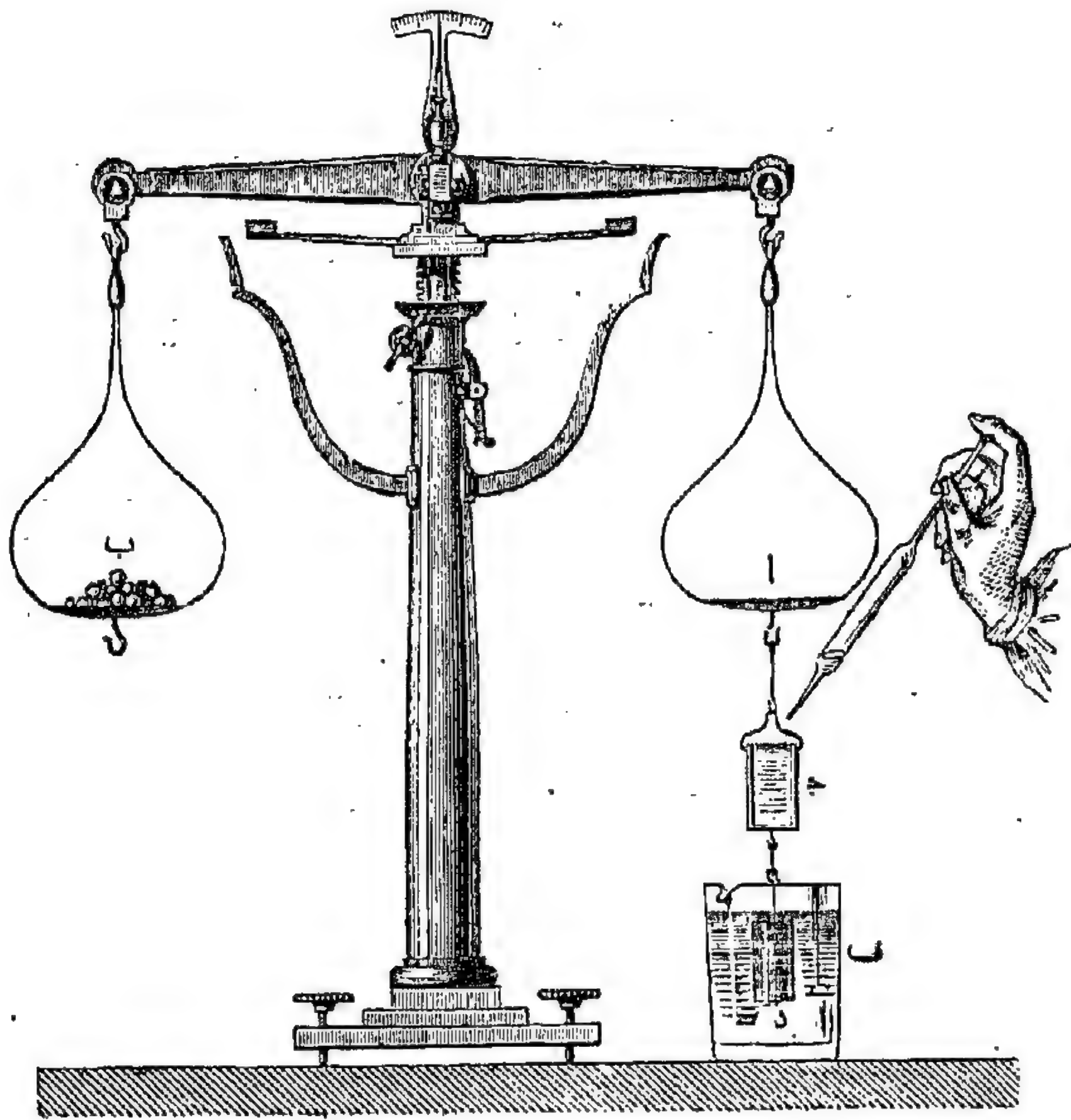
تساوى وزن العمود و به ب وكذلك كل نقطة من
السطوح الجانبية كالنقطة ح و ته فانها تتحمل
ضغطا كبره معين بالمسافة بين هذه النقطة و سطح السائل
وهذه الضغوط الجانبية كالحاصلة على السطح العلوى
والسفلى عمودية على الجزء المضغوط

فينتج من ذلك أن الضغوط الجانبية يوازن بعضها بعضا
اثنتين اثنتين فلا يبقى الا الضغطان الحاصلان على سطحى

الجسم العلوى والسفلى وحيث ان هذين الأخيرين متضادان في الاتجاه مختلفان في الكبر

فحصلت مساوى الفرق بينهما متجهة من أسفل الى أعلى فتؤثر في اتجاه مضاد للتثاقل وتحدث في وزنه فقدامساويا بالضبط والاحكام لوزن ما أزاغه الجسم من السائل وحينئذ يمكن القول بطريقة عامة ان كل جسم غمر في سائل يفقد من وزنه بقدر ما أزاغه الجسم من هذا السائل وهذه هي قاعدة (ارشميدس) والقوة التي تيل لرفع الجسم هكذا تسمى قوة الدفع ونقطة ارتكاز هذه القوة هي مركز ثقل السائل المزاج ولذلك يفصح احيانا عن قاعدة (ارشميدس) بأن كل جسم غمر في سائل ينسفع بقوة مساوية في الكبر لوزن ما أزاغه الجسم من السائل

وتحقق هذه القاعدة بأن تؤخذ اسطوانة معدنية مصمتة د (شكل ٤٧) وأخرى مجوفة ح مفتوحة من أعلى سعتها مساوية لحجم المصمتة الظاهر بالاحكام وتعلق المصمتة في المجوفة والمجوفة تحت إحدى كفتي الميزان المائي أ مثلا وفي الكفة الأخرى ب يوضع عدل



ش ٤٧

بحيث يصير عاتق الميزان أفقيا ثم يرفع العاتق ويوضع تحت الاسطوانة اناء مملوء ماء وبعد ذلك يخفض العاتق بحيث تنغمر الاسطوانة المصمتة في الماء فيشاهد اختلال موازنة الميزان وتعود الى ما كانت عليه بملء الاسطوانة المجوفة بالماء كلها أو جزء منها بقدر ما هو مغمور من الاسطوانة المصمتة في الماء فاذا كانت هذه مغمورة كلها في الماء فان عاتق الميزان لا يصير أفقيا

أفقيا كما كان قبل غمر الاسطوانة في الماء الا اذا ملئت المحوطة كلها بالماء

٧٠ - الاجسام الطافية على السوائل - كل جسم غمر في سائل يجدمنه دفعا الى أعلى أى في اتجاه مضا للثقل ومساو في الشدة لوزن حجم السائل الذى أزاغه الجسم وكثافة الجسم اما أن تكون ككثافة السائل الذى غمر فيه واما أن تكون أكبر أو أصغر فان كانت كثافته ككثافة السائل فانه يبقى في المكان الذى وضع فيه من السائل لا يرتفع ولا ينخفض فهو يسلك مسلك كتلة السائل التى حل محلها وان كانت كثافته أكبر من كثافة السائل فانه يسقط في قعره لان وزنه يكون غالب على قوة الدفع وان كانت كثافته أقل من كثافة السائل فانه يرتفع على سطح السائل لان قوة الدفع تكون زائدة عن وزنه ومقدار زيادة قوة الدفع عن وزن الجسم هو الفرق بين وزن الجسم ووزن ما أزاغه من السائل وكلما برز شئ من الجسم عن سطح السائل المغمور فيه قل الحجم المغمور من هذا الجسم في السائل فتقل قوة الدفع حيث انها تساوى دائما وزن السائل الذى أزاغه الجزء المغمور من الجسم الى أن تصبح قوة الدفع مساوية لوزن الجسم فيصير الجسم في حالة موازنة ساجم في هذا الوضع على سطح السائل فالجسم الساجم على سطح سائل يزيغ حينئذ حجما من هذا السائل وزنه مساو لوزن الجسم وبعبارة أخرى وزن الجسم الساجم على سطح سائل هو وزن السائل الذى حل محله الجزء المغمور من الجسم

٧١ - مركز الدفع والموازنة المستقرة - متى كانت كثافة الجسم مساوية لكثافة السائل المغمور فيه فان الجسم لا يميل للارتفاع ولا للسقوط بيد أنه يتفق أن لا يبقى ساكنا في السائل بل يتحرك حول محور أفقي وبيان ذلك أن الموازنة لا توجد الا اذا كانت نقطة ارتكاز القوى في خط عمودى واحد ونقطة ارتكاز وزن الجسم هي مركز ثقله ونقطة ارتكاز قوة الدفع هي مركز حجم السائل المزاع فيلزم لكون الجسم في حالة موازنة أن تكون هاتان النقطتان في خط عمودى واحد

فاذا كان الجسم المغمور في السائل متجانسا فان هاتين النقطتين تكونان منطبقتين لان مركز ثقل الجسم المتجانس يتعلق بشكله لا بمادته ففي هذه الحالة يكون الجسم المغمور في موازنة متعادلة كيف كان وضعه في السائل

أما اذا كان الجسم غير متجانس فان مركز ثقله لا ينطبق مع مركز الدفع فلا تكون شروط الموازنة التى ذكرناها متوفرة دائما فان كان مركز الثقل ومركز الدفع في خط عمودى واحد فان الجسم يكون في حالة موازنة وهذه الموازنة تكون مستقرة أو غير مستقرة بحسب وضع احدى النقط

بالنسبة للآخرى فان كان مركز ثقل الجسم في الخط العمودي المار بمركز الدفع وكان الاول تحت الثاني فان الموازنة تكون مستقرة وفي هذه الحالة اذا أميل الجسم عن وضعه يرجع اليه ثانيا وان كان مركز ثقله أعلى نقطة الدفع فان الجسم اذا أميل عن وضعه لا يرجع اليه بل يستمر متحركا الى أن يصير في وضع تكون فيه الموازنة مستقرة وهذه الشروط هي التي تلزم أيضا ليكون الجسم الطافي على سطح السائل في حالة موازنة فاجسم الطافي اذا وضع على سطح السائل بقي في الوضع الذي هو فيه متى كان مركز ثقله أسفل مركز الدفع وعلى هذا الاساس تصنع السفن فان الشرط الضروري فيها هو عدم انقلابها بأسباب امالتها عن حالة موازنتها ومن البين أن سير السفن يكون أقل اضطرابا كلما كان مركز ثقلها أكثر انخفاضا بالنسبة لمركز الدفع ولا توجد هذه الشروط في الحيوانات السابحة مع ان كيفية العوم في هذه الحيوانات مؤسسة على القواعد عينها فمركز الثقل عندها هذه الحيوانات يكون أعلى من مركز الدفع وبذلك تكون في حالة موازنة غير مستقرة فيستدعي ذلك منها مجهودات عضلية مستمرة لحصول الموازنة ومن البين أن هذه الحيوانات اذا سبحت وهي على ظهرها كانت موازنتها أكثر ثباتا

الوزن النوعي والكثافة

الوزن النوعي لجسم هو النسبة الكائنة بين وزن هذا الجسم والحجم الشاغل له وبعبارة أخرى هو وزن وحدة الحجم منه

وكثافة الجسم هي النسبة بين كتلة الجسم والحجم الشاغل له أي أنها كتلة الحجم المساوي للوحدة منه

فدلول الوزن النوعي هو محصلة تأثير الثقل الحاصل في جزيئات حجم من الجسم يساوي الوحدة ومدلول الكثافة كمية المادة أي عدد الجزيئات الكائنة في حجم من الجسم يساوي الوحدة ومن ذلك يتبين لك الفرق بين معنى الكثافة والوزن النوعي ومع ذلك يستعملهما علماء الطبيعة في مقام واحد لانه بسبب تناسبهما تكون الاعداد الدالة عليهما واحدة وحيث ان وزن الجسم ليس الا محصلة التأثير الحاصل في الجزيئات المادية المركبة للجسم فاذا كان الجسم متجانسا أي كانت الجزيئات متوزعة بانتظام وكانت المسافات بينها واحدة كان تأثير الثقل متناسبا مع المسافة المشغولة بالجزيئات أي مع حجم الجسم

وعلى ذلك اذا كان W وزنا الجسم V حجمه ρ ستهتم بمكعب كان الوزن w لهذا الجسم نفسه وحجمه يساوي v ستهتم متعينا بالنسبة الآتية

$$W : w :: V : v$$

ومن

ومن هذه النسبة تستخرج المعادلة البسيطة الآتية

$$(١) \quad \text{و} = \text{ن ح}$$

وهي معادلة أساسية رابطة بين وزن الجسم وحجمه وكثافته أو وزنه النوعي ويستدل منها أولاً على أن وزن الجسم يساوي حاصل ضرب حجمه في كثافته وثانياً على أن كثافة الجسم تساوي وزنه مقسوماً على حجمه $\text{ن} = \frac{\text{و}}{\text{ح}}$ وثالثاً على أن حجم الجسم يساوي وزنه مقسوماً على كثافته $\text{ح} = \frac{\text{و}}{\text{ن}}$

ويستدل من هذه المعادلة أيضاً على أنه إذا تساوى حجم جسمين كانت كثافتهما متناسبة مع وزنهما وإذا تساوى وزنهما كانت كثافتهما على العكس من حجمهما وإذا تساوت كثافتهما كان وزنهما بنسبة حجمهما لا تألو أخذنا جسماً وزنه و وكثافته ن وحجمه ح لكان $\text{و} = \text{ن ح}$ (٢) وبمقارنة المعادلة (١) بالمعادلة (٢) بعد جعل $\text{ح} = \text{ح}$ يحدث

$$\frac{\text{و}}{\text{ن}} = \frac{\text{و}}{\text{ن}} \quad \text{وبعد جعل } \text{و} = \text{و} \quad \text{يحدث}$$

$$\frac{\text{ح}}{\text{ن}} = \frac{\text{ح}}{\text{ن}} \quad \text{وبعد جعل } \text{ن} = \text{ن} \quad \text{يحدث}$$

$$\frac{\text{ح}}{\text{ن}} = \frac{\text{و}}{\text{و}}$$

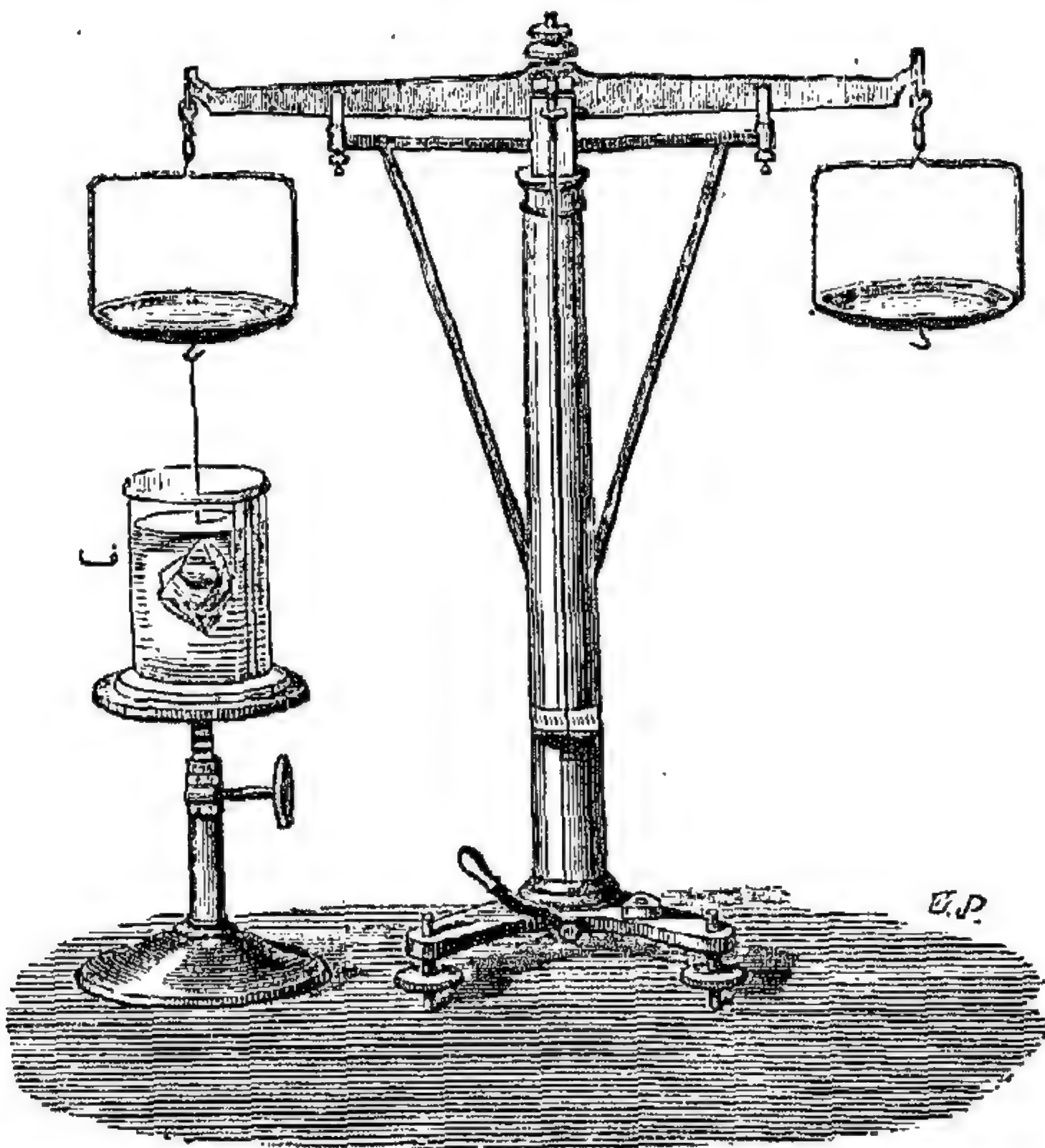
وحيث كان العدد ح الدال على حجم الجسم هو عين العدد د الدال على وزن الماء المقطر الذى فى درجة ع الذى أزاغ به الجسم لان كل سنتيمتر مكعب من الماء المقطر يساوى جراماً واحداً فالمعادلة $\text{ن} = \frac{\text{و}}{\text{ح}}$ تصير $\text{ن} = \frac{\text{و}}{\text{د}}$ ومنها يؤخذ تعريف آخر للوزن النوعي وهو أن الوزن النوعي لجسم صلب أو سائل هو النسبة بين وزن الجسم ووزن حجم من الماء المقطر الذى فى درجة ع مساو لحجمه ومن ذلك يتبين أنه لمعرفة كثافة جسم ينبغى معرفة وزن جزء منه ومعرفة حجم من الماء المقطر الذى فى درجة ع مساو لحجم هذا الجزء أو وزن حجم من هذا الماء مساو لحجم هذا الجزء ومما ينبغى ملاحظته هو أن كثافة الجسم تختلف باختلاف درجة الحرارة التى يكون عليها لان الحرارة تزيد حجم الجسم من غير أن يحصل تغير فى وزنه ولذلك كان من الضروري الايماء الى درجة الحرارة التى عليها أخذت كثافة الجسم

وقد اصطلح على أنه إذا أشير الى كثافة جسم ولم يشر الى درجة الحرارة التى أخذت عليها كانت هذه كثافة الجسم ودرجة حرارته صفر ودرجة الماء ع فمثلاً إذا قيل ان كثافة الزيت ١٣٥٩٦ كان معنى ذلك أن السنتيمتر المكعب من الزيت فى درجة حرارة صفر

يزن ١٣٥٩٦ جم حالة كون السنتيمتر المكعب من الماء المقطر ودرجة حرارته ٤ +
يزن ١٠٠ جم

٧٢ - طرق تعيين كثافة الاجسام الصلبة والسائلة - لاندكر في هذا المبحث الاطرق
تعيين كثافة الاجسام الصلبة والسائلة أما تعيين كثافة الاجسام الغازية فسيذكر في محله
ولتعيين كثافة الاجسام الصلبة والسائلة ثلاث طرق لا بد في كل منها من عمليتين تعيين وزن
الجسم المراد معرفة كثافته و تعيين وزن حجم الماء د المساوي لحجم الجسم

٧٣ - طريقة الميزان المائي (١) تعيين كثافة الاجسام الصلبة - يعلق الجسم



ش ٤٨

بسلات من البلاتين في احدى كفتي
الميزان (شكل ٤٨) ويوضع في
الكفة الثانية اثنقال الى أن تحصل
الموازنة ثم يرفع الجسم ويوضع بدله
صنج توازن الاثقال فيحصل بذلك
على وزن الجسم و بطريقة الوزن
المزدوج ثم يعلق الجسم ثانيا في
كفة الميزان ويغمر في الماء المقطر
فتزول الموازنة ولا عادت لها يلزم وضع
صنج وزنها د فهذا الوزن الاخير
هو وزن حجم الماء المساوي لحجم
الجسم وخارج قسمة $\frac{2}{d}$ هو

كثافة الجسم (٢) تعيين كثافة الاجسام السائلة - يعلق في احدى كفتي الميزان كرة
من الزجاج قد وضع فيها قليل من الزئبق حتى لا تطفو على سطح السائل اذا غمرت فيه ويوضع
في الكفة الثانية عدل به تحصل موازنة الميزان ثم تغمر الكرة في السائل ويعين الوزن و اللازم
الحصول الموازنة ثم تغمر في الماء ويعين الوزن د اللازم لحصول موازنة الميزان أيضا فالوزن
و د و د وزنا حجمين متساويين من السائل والماء والكثافة هي خارج قسمة $\frac{2}{d}$

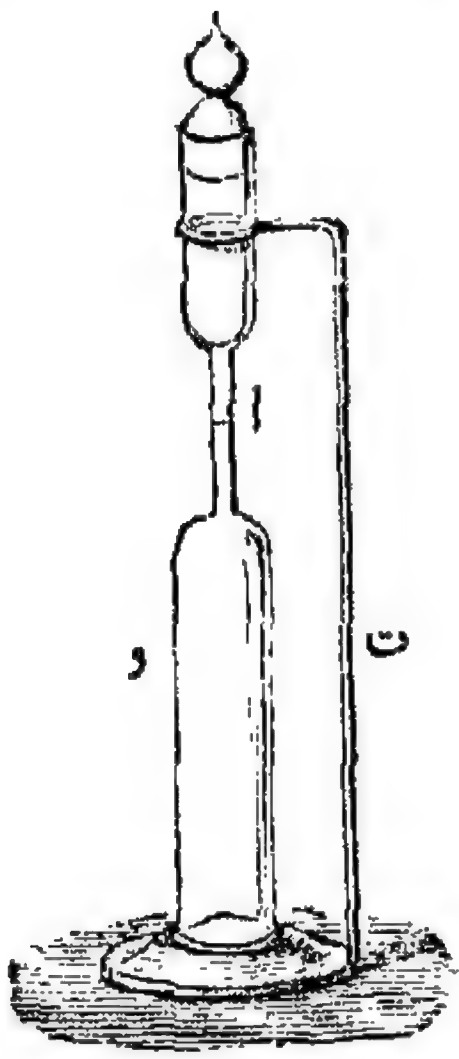
٧٤ - طريقة الدورق (١) الاجسام الصلبة - لتعيين كثافة الجسم الصلب بهذه
الطريقة يستعمل دورق صغير (شكل ٤٩) فوهته مصنفة ذات غطاء مجوف مصنفر أيضا
يعمل هذا الغطاء أنبوبة دقيقة منتهية بقمع وعليها علامة خطية ت

فيوضع الجسم المراد معرفة كثافته والدورق مملوء ماء الى العلامة الخطية في احدى كفتي الميزان وبعد حصول موازنة الميزان بوضع عدل في الكفة الثانية يرفع الجسم ويوضع محله صنج بهاتعد الموازنة فماوضع من الصنج بدل الجسم لحصول الموازنة هو وزن الجسم و ثم يرفع الوزن ويوضع الجسم في الدورق ويرفع ماء علا من الماء عن العلامة الخطية وبذلك يكون قد خرج من الدورق مقدار من الماء حجمه مساو لحجم الجسم فتزول موازنة الميزان وماوضع من الصنج بجانب الدورق لاعادة الموازنة هو وزن حجم الماء د المساوي لحجم الجسم وبقسمة و على د تحصل كثافة الجسم



ش ٤٩

فان كان الجسم الصلب مسحوقا وجب وضع الدورق بعد وضع المسحوق فيه تحت ناقوس الآلة المفرغة لطرد الكرات الهوائية التي يجذبها المسحوق معه (٢) الاجسام السائلة يستعمل لهذه العملية دورق من زجاج (شكل ٥٠) يختلف قليلا عن الدورق المستعمل لتعيين كثافة الاجسام الصلبة مكون من مستودع اسطواني ينتهي بأنبوبة شعرية مرسومة عليها علامة خطية ا تنتهي بقمع فتحته مصنفرة وغطاؤه كذلك



ش ٥٠

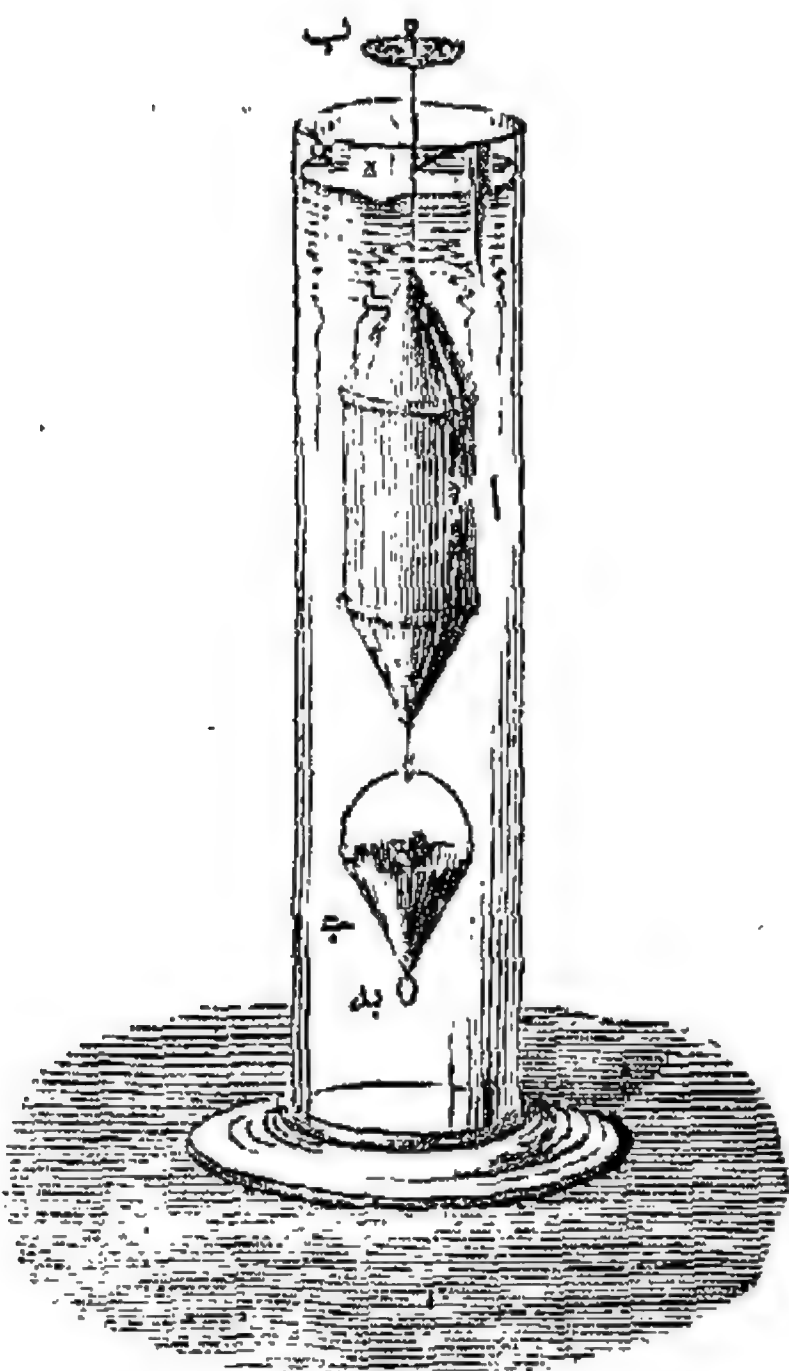
فيملأ الدورق ماء الى العلامة الخطية ويوضع في احدى كفتي ميزان وفي الكفة الثانية عدل به تحصل الموازنة ثم يفرغ الدورق ويجفف ويوضع في الكفة ثانيا فلا تحصل الموازنة وعودتها تحتاج الى وضع صنج د هي وزن ما كان يملأ الدورق من الماء فترفع الصنج ويملأ الدورق الى العلامة الخطية بالسائل المراد تعيين كثافته ويوضع في الكفة الثانية عدل الى أن تحصل الموازنة ثم يفرغ الدورق ويغسل ويجفف ويوضع ثانيا في الكفة ويوضع معه صنج الى أن تحصل الموازنة فهذه الصنج الأخيرة و هي وزن حجم من السائل مساو لحجم من الماء وزنه د وخارج قسمة $\frac{2}{d}$ هو كثافة السائل

٧٥ - طريقة الاريومتر - الاريومتر مؤسس على ما علمناه من أن كل جسم يطفو في حالة موازنة على سائل فانه يزيع من هذا السائل حجما وزنه مساو لوزن الجسم فينتج من ذلك أن ما ينغمر من الجسم في السائل يكون أكثر كلما كان السائل أقل كثافة وهي آلة طافية من معدن أو من زجاج وفي الغالب يكون شكلها عبارة عن كرة أو اسطوانة مجوفة تنتهي من أسفل بأنفخا يحتوي على الزئبق أو مخردق الرصاص ومن أعلى بأنبوبة

دقيقة تنتهي أحيانا بقرص وبالاتفاخ السفلى بصير الاريومتر في وضع عمودي متى غمر في سائل لان هذا الاتفاخ يكون للاريومتر كصبرة السفينة

والاريومتر نوعان أحدهما ذو حجم ثابت ووزن مختلف وثانيهما ذو وزن ثابت وحجم مختلف ٧٦ - الاريومتر ذو الحجم الثابت والوزن المختلف - سمي بهذا الاسم لانه يلزم في استعماله غمر حجم معلوم منه في السائل بإضافة أوزان اليه ومن هذا النوع اثنان هما اريومتر (نيكلسون) وهو مستعمل لتعيين الوزن النوعي للأجسام الصلبة واريومتر (فرنهايت) وهو مستعمل لتعيين الوزن النوعي للسوائل

٧٧ - اريومتر نيكلسون - جسم هذا الاريومتر (شكل ٥١) من معدن مجوف



ش ٥١

ويتركب من جزء اسطوانى أ ينتهى من أعلى وأسفل بمخروطين العلوى يحمل ساق معدنية منتهية بقرص ب عليها علامة اه تسمى نقطة التفهف وهى النقطة التى ينغمر اليها الجهاز في جميع التجارب حتى يكون ما أزاغه الاريومتر من السائل في جميع التجارب واحدا والسفلى ينتهى بخطاف يعلق فيه سمولة ح ذات قعر مزدوج وضع بين طبقتيه مخردق الرصاص فتكون بذلك صابورة للجهاز بهايقى عموديا في الماء ومقدار مخردق الرصاص يكون بحيث ان الجهاز اذا غمر في الماء لا ينغمر الا الى نقطة أسفل نقطة التفهف ولتعيين كثافة جسم

صلب لا يذوب في الماء بهذا الجهاز عمليتان الاولى أن يغمر في الماء المقطر ويوضع على قرصه قطعة من الجسم وزنها غير كاف لغمر الاريومتر الى نقطة التفهف ثم يوضع بجانب الجسم مخردق الرصاص شيئا قشيا الى أن ينغمر الاريومتر في الماء الى نقطة التفهف وبعد ذلك يرفع الجسم ويوضع مكانه صنج تسكنى لغمر الاريومتر الى نقطة التفهف فهذه الصنج هى وزن الجسم في الهواء و بطريقة الوزن المزدوج الثانية أن يرفع الجسم من أعلى القرص ويوضع فوق السمولة فيرتفع الاريومتر ويصير سطح السائل أسفل نقطة التفهف بسبب قوة دفع السائل له وقد علمنا أنهم مساوية لوزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم فيوضع على القرص صنج تسكنى لغمر الاريومتر الى نقطة التفهف فهذه الصنج هى وزن ما فقده الجسم من وزنه يغمره في الماء أى

وزن

وزن حجم من الماء د مساو لحجم الجسم وخارج قسمة وزن الجسم في الهواء على ما فقده من وزنه بغيره في الماء هو كثافة الجسم

وليكن ٥٠ جراما وزن الصنج التي وضعت بدل الجسم فوق القرص لينغمز الاريمتر الى نقطة التهف و ٨ جرامات وزن الصنج التي وضعت فوق القرص بجانب الجسمين جراما بعد وضع الجسم فوق السمولة ليعود انغمز الاريمتر في الماء الى نقطة التهف والمقصود معرفة الوزن النوعي س للجسم فنقول حيث ان أحد العددين هو وزن الجسم في الهواء والثاني وزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم فيكون

$$س = \frac{٥٠}{٨} = ٦,٢٥$$

فاذا خيف طغوا الجسم على سطح السائل نكست السمولة بان تعلق من الخطاف به ووضع الجسم أسفلها

وأريومتر (نيكسون) كثير الاستعمال عند المعدنين لسهولة استعماله وليكونه أبعد عن العطب من غيره بكثير

٧٨ - الاجسام الصلبة القابلة للذوبان في الماء - في حالة ما اذا كان الجسم الصلب يذوب في الماء تفعل العملية مع سائل لا يذيب الجسم سواء استعملت طريقة الميزان أو طريقة الدورق وليكن ١ الجسم الصلب القابل للذوبان في الماء المراد معرفة كثافته و ب سائل لا يذيبه و و وزن الجسم في الهواء و و وزن حجم مساو لحجمه من السائل ب و و وزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم فكثافة الجسم بالنسبة للسائل ب هي $\frac{ب}{و} = \frac{ب}{و}$ وكثافة السائل ب بالنسبة للماء هي $\frac{ب}{و} = \frac{ب}{و}$ وبضرب المتساوية الاولى في الثانية يحصل

$$\frac{ب}{و} = \frac{ب}{و} \times \frac{ب}{و} = \frac{ب}{و}$$

وخارج قسمة $\frac{ب}{و}$ هي كثافة الجسم بالنسبة للماء لان و هو وزن الجسم في الهواء و و وزن حجم من الماء مساو لحجمه وحيث ان فلنعين كثافة جسم صلب يذوب في الماء نتؤخذ كثافته بالنسبة لسائل لا يذوب فيه تكون كثافته معروفة ثم تضرب كثافة الجسم بالنسبة للسائل في كثافة السائل بالنسبة للماء فيحصل على كثافة الجسم الصلب بالنسبة للماء

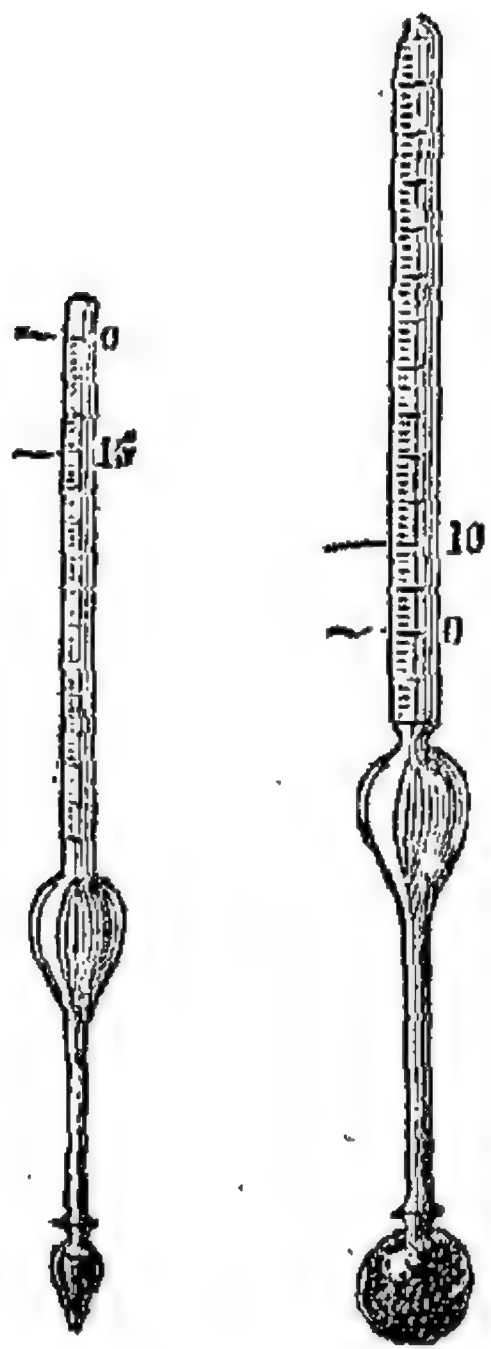
٧٩ - أريومتر (فرنميت) - هذا الاريمتر لا يختلف في شكله عن أريومتر (نيكولسن) غير أنه استبدلت فيه السمولة بكرة فيها خردق الرصاص وأنه من الزجاج

ولتعيين كثافة سائل به يوزن بميزان وليكن وزنه $و$ ثم يغمر في الماء المقطرو ويوضع على قرصه صنج الى أن يغمر في الماء الى نقطة التهفف وليكن وزن هذه الصنج $و + د$ فالوزن $و + د$ هو وزن ما أزاغه الاريومتر من الماء بانغماره فيه الى نقطة التهفف ثم بعد ذلك يغمر الاريومتر في السائل المراد تعيين كثافته ويعين الوزن اللازم تحصيله فوق القرص كي يغمر في السائل الى نقطة التهفف وليكن هذا الوزن $د$ فالوزن $و + د$ هو وزن ما أزاغه الاريومتر من هذا السائل وحيث ان حجم الماء الذي أزاغه الاريومتر مساو لحجم ما أزاغه من السائل لانغماره في كل منهما الى نقطة التهفف فكثافة السائل $ك$ هي

$$ك = \frac{و + د}{و}$$

٨٠ - الاريومتر ذو الوزن الثابت - هذا الاريومتر ليس مستعملا لمعرفة الوزن النوعي وانما هو معد لمعرفة درجة تركيز السوائل أى مقدار الماء المخلوط بالسائل نعم خلط السوائل بالماء يغير كثافتها لكن هذا التغير مختلف باختلاف السوائل ولذلك اتفقوا في المتجر على درجة تركيز معينة لكل سائل ينبغي أن لا تختلف عنها كثيرا درجة تركيز السائل وبالاريومتر ذى الوزن الثابت يتحقق منها ويختلف هذا الاريومتر عن المتقدم بان وزنه دائما ثابت فهو لذلك يغمر في السوائل بدرجات مختلفة

والمستعمل من هذا النوع أريومتر (بوميه) وأريومتر (كارتيه) وأريومتر (غياوسالك) وكلها تتركب من اسطوانة مجوفة من الزجاج يعلوها ساق من الزجاج تتصل من أسفل بكرة وضع فيها الزئبق أو مخردق الرصاص تكون للجهاز صبرة حالة عومه فيصير عمودى الوضع في السائل فهذه آلات اذا غمرت في سائل كان انغمارها فيها أكثر كلما كانت أقل كثافة ومن التدرج تعلم درجة التركيز للسائل سواء كان حضايا أو محلولاً ملحيًا أو روحيا أو شرابا أو غير ذلك



٨١ - أريومتر (بوميه) - هذا الاريومتر (شكل ٥٢) يسمى أيضا بقياس الأرواح بحسب تدرجيه

فالعد منه لمعرفة درجة تركيز الحوامض والمحلولات الملحية أى لمعرفة تركيز السوائل التى هي أكثر كثافة من الماء يدرج بأن يجعل وزن صبرته بحيث اذا غمر الاريومتر في الماء المقطر فانه يغمر الى منتهى الساق (كالذى في يسار الشكل) وفي نقطة تهفف الساق لسطح الماء

توضع علامة الصفر ثم يغمر الاريومتر في محلول مكون من ٨٥ جزء من الماء المقطر و ١ جزء

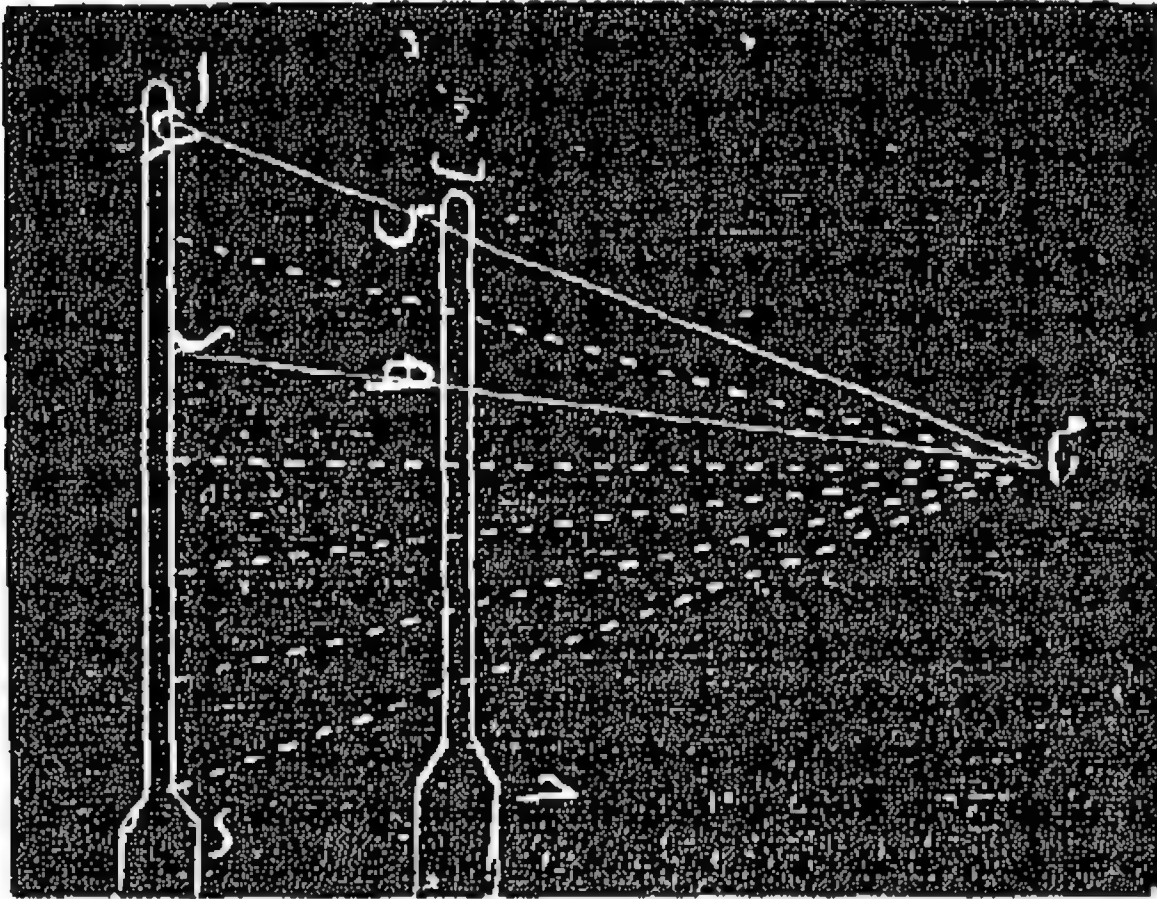
من ملح الطعام وفي نقطة التمهف الساق للمحلول يوضع رقم ١٥ ثم تقسم المسافة بين الصفر ورقم ١٥ الى خمسة عشر جزءاً متساوية ثم يمد هذا التقسيم الى أسفل الساق والمعد منه لمعرفة درجة تركيز السوائل الروحية أى لمعرفة السوائل التى هى أقل كثافة من الماء يدرج بأن يجعل وزن الصبرة بحيث اذا غمر في محلول مركب من ٩٠ جزءاً من الماء و ١٠ من ملح الطعام فانه لا ينغمر الا الى مبدا الساق من الاسفل وفي نقطة التمهف السائل بالساق يوضع علامة الصفر (كالذى في عين الشكل) ثم يغمر الاريومتر في الماء المقطرو يوضع في نقطة التمهف رقم ١٠ وتقسم المسافة بين الصفر و ١٠ الى عشر درجات متساوية ويمد هذا التقسيم الى آخر الانبوبة

٨٢ - أريومتر (كارتيه) - هو أريومتر (بوميه) منوعاً خفيفاً ولم يفصح (كارتيه) عن كيفية تدريجه والدرجة العاشرة منه تقابل كثافة الماء على حرارة ١٢,٥ + والدرجة ٢٩ تقابل ٣١ من درجات أريومتر (بوميه)

٨٣ - أريومتر (غيلوساك) - هذا يسمى أيضاً الاريومتر المئينى وهو معد لمعرفة كمية السكول الموجودة في سائل روى وهو مصنوع بحيث اذا وضع في السكول الصرف انغمر فيه الى قمة ساقه وفي نقطة التمهف هذه يوضع رقم ١٠٠ ثم يغمر في مخلوط مكون بالجم من ٩٥ من السكول الصرف و ٥ من الماء وفي نقطة التمهف يوضع رقم ٩٥ وتقسم المسافة بين ١٠٠ و ٩٥ الى ٥ درجات ثم يغمر في مخلوط من ٩٠ من السكول و ١٠ من الماء وفي نقطة التمهف يوضع رقم ٩٠ وتقسم المسافة بين ٩٥ و ٩٠ الى ٥ درجات ثم يغمر في مخلوط مكون من ٨٥ من السكول و ١٥ من الماء وفي نقطة التمهف يوضع ٨٥ وتقسم المسافة بين ٩٠ و ٨٥ الى ٥ درجات وهكذا الى الصفر فيكون عدد درجات الاريومتر ما بين درجة ١٠٠ وهى المقابلة لانغماره في السكول الصرف ودرجة الصفر وهى المقابلة لانغماره في الماء المقطرمائة درجة فاذا غمر هذا الاريومتر في سائل روى وانغمر فيه الى درجة ٦١ مثلاً أخذ من ذلك أن السائل الكولى يحتوى على ٦١ في المائة من السكول ولا تكون دلالة هذا الاريومتر صحيحة الا في درجة حرارة معينة هى درجة الحرارة المعتادة التى حصل عليها التدريج وهى ١٥ + فاذا غمر في سائل روى فانه ينغمر فيه أكثر وأقل من الحقيقة بحسب كون درجة الحرارة تزيد عن ١٥ + أو تنقص عنها ولذلك يلزم تعديل الدرجة الروحية المأخوذة بالاريومتر بحسب درجة حرارة السائل التى تؤخذ من وضع الترمومتر في السائل الروى وقت قياس درجته الروحية بالاريومتر بأن يطرح من الدرجة الدال عليها الاريومتر ٤,٥ من الدرجة لكل درجة حرارة تزيد عن ١٥ + ويضاف اليها ٤,٥ من الدرجة

لكل درجة حرارة تنقص عن $10 +$ فان غمر الاريومتر في سائل روي وعلم فيه 31 وكانت درجة الحرارة 18 مثلاً فيث كانت درجة الحرارة تزيد ثلاث درجات عن درجة حرارة التدرج يجب أن يطرح من الدرجة الروحية التي هي $31 \times 0.4 = 12.4$ فتكون الدرجة الروحية الحقيقية 29.8 وان كانت الدرجة الروحية 31 مثلاً ودرجة الحرارة $10 +$ فيث ان درجة الحرارة تنقص عن درجة حرارة التدرج 0 درجات يجب أن يضاف الى $31 \times 0.4 = 12.4$ فتكون الدرجة الروحية الحقيقية 33

وقد وضع (غيلوساك) جدولاً لضرب ألفي شاغورس تعلم منه الدرجة الحقيقية للسائل الروحي متى علمت درجته باريومتر (غيلوساك) ودرجة الحرارة التي أخذت عليها هذه الدرجة ومتى صنع مقياس كؤل معتنى به أمكن معه تدرج غيره من مقياس الكؤل وذلك بمعرفة درجتين من درجات المقياس الثاني وبيان ذلك نفرض أن A اريومتر (غيلوساك) مضبوطاً وليكن 100 و 70 نقطتين معلومتين S هـ (شكل ٥٣) من الاريومتر الثاني B فيرسم على قطعة ورق الطولان A و B بتقاسيمهما ويقام من نقطة E المقابلة لدرجة 100 في الاريومتر A خط يمر من نقطة S المقابلة لرقم 100 في الاريومتر



ش ٥٣

B وخط آخر من نقطة S المقابلة لدرجة 70 في الاريومتر A يمر من H ثم يقام من بقية نقط اريومتر A خطوط تمر من اريومتر B بجميع هذه الخطوط تتلاقى في نقطة هي M مثلاً وهي نقطة يمر منها جميع الخطوط المارة في اريومتري من درجات واحدة

ويحصل باريومتر (غيلوساك) على الدرجة الروحية للسائل مباشرة ان كان السائل مكوناً من الماء والكؤل أما اذا كان محتوياً على أجسام أخرى فانه يجب فصل جميع الكؤل منه بالتقطير أولاً ثم يمد المتقطر بالماء الى أن يصير حجمه مساوياً لحجم السائل قبل تقطيره وبعد ذلك تؤخذ درجة روحية بالاريومتر الكؤلي

٨٤ - مقياس الحجم - قديدرج الاريومتر ذو الوزن الثابت بحيث يستدل به على كثافة السائل (وزن وحدة الحجم) أو على الحجم المشغول بوحدة الوزن من هذا السائل في الحالة الاولى يسمى مقياس الكثافة وفي الثانية مقياس الحجم

ولتدرج

ولتدرج مقياس الحجم المعدل للسوائل التي هي أكثر كثافة من الماء يجعل وزن الأريومتر بحيث إذا غمر في الماء المقطر ينغمر إلى منتهى ساقه وفي نقطة التمهف يوضع رقم ١٠٠ ثم بعد ذلك يغمر الأريومتر في سائل كثافته معلومة $\frac{1}{4}$ مثلاً فينغمر من الأريومتر فيه أقل مما ينغمر منه في الماء وحيث أن وزن ما أزاغاه الأريومتر من السائلين واحد فالجحوم المنغمة من الأريومتر تكون بعكس كثافة السائلين فإذا فرضنا أن الحجم المنغور من الأريومتر في الماء يساوي واحداً فما غمر منه في السائل الذي كثافته $\frac{1}{4}$ يكون $\frac{3}{4}$ وحيث أننا جعلنا الجحوم المنغورة في الماء تساوي ١٠٠ فالجحوم المنغور في السائل يصير بالضرورة ٧٥ وحيث يوضع في نقطة التمهف الأريومتر في السائل الذي هو أكثر كثافة من الماء رقم ٧٥ وتقسم المسافة بين ١٠٠ و ٧٥ إلى ٢٥ ثم يعد التقسيم إلى الجزء السفلي من الساق

ولتدرج مقياس الجحوم المعدل للسوائل التي هي أقل كثافة من الماء يجعل وزن الأريومتر بحيث إذا غمر في الماء المقطر لا ينغمر إلا إلى مبدأ ساقه وفي نقطة التمهف يوضع رقم ١٠٠ ثم يوزن الجهاز ويضاف إليه سلك من البلاتين يكون وزنه مساوياً لربع وزن الأريومتر ثم يوضع الأريومتر في الماء فينغمر منه أكثر مما انغمر منه قبل إضافة السلك وحيث أن نسبة وزن الأريومتر قبل هذه الإضافة إلى وزنه بعدها هي ٤ إلى ٥ فهذه النسبة هي أيضاً نسبة الجحوم المزاحة وحيث أنه يوضع رقم ١٠٠ في نقطة التمهف الأولى ففي نقطة التمهف الأريومتر بعد إضافة السلك إليه يوضع رقم ١٢٥ وتقسم المسافة بين ١٠٠ و ١٢٥ إلى ٢٥ درجة ويعد التقسيم إلى منتهى الساق فإذا وضع هذا الجهاز في سائل وانغمر فيه إلى درجة ١٢٠ أخذ من ذلك أنه إذا كان وزن الأريومتر ينوب عن ١٠٠ حجم من الماء المقطر فإن الوزن المساوي له من السائل ينوب عن ١٢٠ حجماً وحيث أن الكيلو جرام من الماء المقطر يقوم مقام اللتر فالكيلو جرام من السائل يكون ١,٢٠ لتر

ومن السهل معرفة كثافة السوائل بالأريومتر مدرجاً كما بينا وبيان ذلك نرجع إلى المثال المتقدم فنقول حيث أن ١,٢٠ لتر من السائل يزن كيلو جرام واحد فكثافة هذا السائل تكون $\frac{1}{1,2}$ أو $\frac{1}{1,2}$ أي أن الكثافة تستخرج بقسمة ١٠٠ على الدرجة الدالة على الحجم وهي التي وصل إليها الأريومتر بغمره في السائل

٨٥ — مقياس الكثافة — بمقياس الجحوم يتوصل لمعرفة كثافة السائل كما علمنا ولكن ذلك يحتاج إلى حساب أما مقياس الكثافة فيؤخذ منه الكثافة بقراءة الرقم الذي يحصل عليه تمهف السائل وذلك بسبب تدريجه ولهذا الغرض يوضع مقياس الحجم في الماء ثم في سائل

كثافته ن وليكن الحجم الذي غمر منه في الماء ح' والذي غمر منه في السائل ح' فبين هذه الكميات تكون هذه المتساوية

$$\frac{L}{C} = \frac{L'}{C'} \quad \text{ومنها} \quad \frac{C}{L} = \frac{C'}{L'}$$

وبإعطاء ل' قيمة متزايدة بمقدار $\frac{1}{11}$ أو $\frac{1}{11}$ وادخالها في هذه المعادلة تتحصل النقطة التي يتفهف فيها الأريومتر إذا وضع في سوائل بهذه الكثافة وفي هذه النقط توضع القيمة المقابلة إلى ل'

٨٦ - منفعة الوزن النوعي طبيا - تعيين الوزن النوعي صار الآن من الأمور العادية في الطب العملي خصوصا لمعرفة مقادير الماء الموجودة في سوائل البنية كاللبن والبول وغير ذلك ولهذا الغرض تستعمل غالبا أريومترات ذات وزن ثابت وعلى الخصوص مقاييس كثافة لكل سائل مقياس مخصوص فالبول مقياس واللبن مقياس آخر وهكذا وهالك متوسط الوزن النوعي لبعض سوائل البنية وجوامدها

سـ وائـل

ماء مقطر	١٠٠٠
دم	١٠٥٥
مصل الدم	١٠٢٧
السائل المخي الفقري	١٠١٠
اللعاب	١٠٠٦
الصفراء	١٢٦
الرطوبة المائية للعين	١٠٠٥٣
البول	١٠٢٥
المرأة	١٠٢٠٣
البقرة	١٠٣٢٤
اللاتان	١٠٣٥٥

جوامد

عضلات	١٠٦ ر
اوتار	١٢٥ ر
أعصاب	١٤٠ ر
فم	١٣٠ ر
شرايين	١٧٠ ر
أربطة	١٤٥ ر
عظام	٩٧٥ ر

تأثير المجزئيات

قد عرفنا الطواهر المهمة التي تحصل في الاجسام بقطع النظر عما ينتج من تأثير قوى الجزئيات لان فرضنا هذه القوى شدة صغيرة لا تغير تغييرا محسوسا النتائج الحاصلة في الاجسام بتأثير القوى الخارجة عنها والآن نبحث عن التغيرات التي تعرض للقوانين التي ذكرناها متى كانت أحوال التجارب لا تسمح بقطع النظر عن قوى الجزئيات مؤثرين في ذلك الاختصار

٨٧ - التوتر السطحي للسوائل - علمنا تأثير التناقل في السوائل بقطع النظر عما للجزئيات من التأثير بعضها في بعض والحال أن كل جزيء في كتلة السائل يكون مجذوبا من جميع الاتجاهات بالجزئيات المجاورة غير أن هذا الجذب يكون متساويا في عدم بعضه بعضا اثنين اثنين وبذلك يكون الجزيء في باطن السائل كما لو كان الجذب الجزئي معدوما وليس الامر كذلك بالنسبة للجزئيات السكائنة على سطح السائل فهذه منجذبة من جهة واحدة وهي الجهة المقابلة لباطن السائل اذ لا قوة تلجئ هذه الجزئيات للاتجاه في اتجاه مضاد فينتج من ذلك أن السطح المطلق للسائل يكون منقاد التأثير قوة متجهة من الخارج الى الداخل ونتيجة هذه هي احداث ضغط على سطح السائل وهذا الضغط يسمى التوتر السطحي للسوائل

ووجود هذا التوتر يفسر ظاهرة كثيرة الوقوع هي أنه اذا كان السائل محتويا على فقاعات غازية فربما كانت هذه الفقاعات بدل أن تخرج من السائل لتنتشر في الهواء المطلق تجتمع تحت طبقة السائل التي هي أعلى سطحها فالغاز مع ميله للتخلص الى الخارج ممسولا بتوتر الطبقة السطحية للسائل

وحينئذ فالتوتر السطحي الحاصل في سطوح السوائل متسبب عن التماسك اى عن جذب جزيئات السوائل بعضها البعض وتكوير السوائل المطلقة الغير المتأثرة بالتشاكل متسبب أيضا عن توتر السوائل فالشكل الذى عليه كرات المادة الدسمة السابحة في اللبن ناتج عن جذب جزيئات بعضها البعض

٨٨ - التصاق الاجسام الصلبة بالسائلة - يتغير تأثير التشاكل في الاجسام السائلة أيضا بالنظواهر التى تظهر من ملاصقة الاجسام السائلة للصلبة وملاصقة السائلة للسائلة

فالاجسام الصلبة تجذب السوائل جذبا شديدا تتعلق بالجسم الصلب وبطبيعة الجسم السائل الملاصق له معا وهذا الجذب يسمى التصاقا كما أن الجذب بين جزيئات جسم واحد يسمى تماسكا

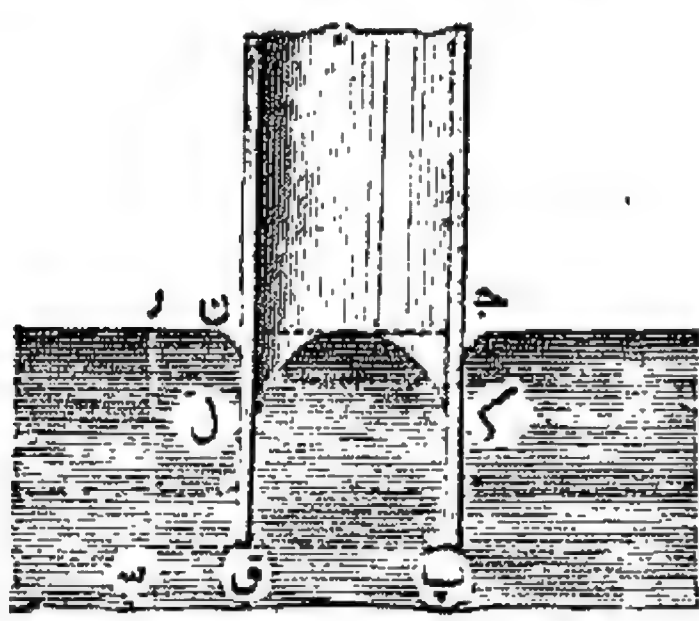
ولتحقيق وجود الالتصاق بين الاجسام الصلبة والسائلة يعلق في احدى كفتى الميزان الايدروستاتيكي مرفوع العائق قرص من زجاج يكون سطحه السفلى جيدا لستواء ويكون تعليقه من مركز ثقله ثم يخفض عائق الميزان الى أن يلامس السطح السفلى للقرص سطح ماء وضع في اناء تحت الكفة بحيث لا يكون بين سطح القرص وسطح الماء شئ من الهواء فيرفع عائق الميزان ثانيا يشاهد أنه يلزم لفصل القرص عن الماء وضع ثقل في الكفة الثانية يفوق وزن القرص وأن القرص حال ارتفاعه يجذب معه الماء

ولتحقيق وجود الالتصاق بين الاجسام الصلبة يؤخذ قرصان من الزجاج سطحاهما مستويان جيدا غير مصقولين ويرلق أحدهما على الآخر مع ضغط بعضهما ببعض من الوسط فيصير الالتصاقهما شديدا حتى أنه يتأني تعليقهما من أحدهما ولا يسقط الثانى بل قد لا يسقط به تعليق ثقل فيه ولو كان القرصان تحت ناقوس الآلة المفرغة

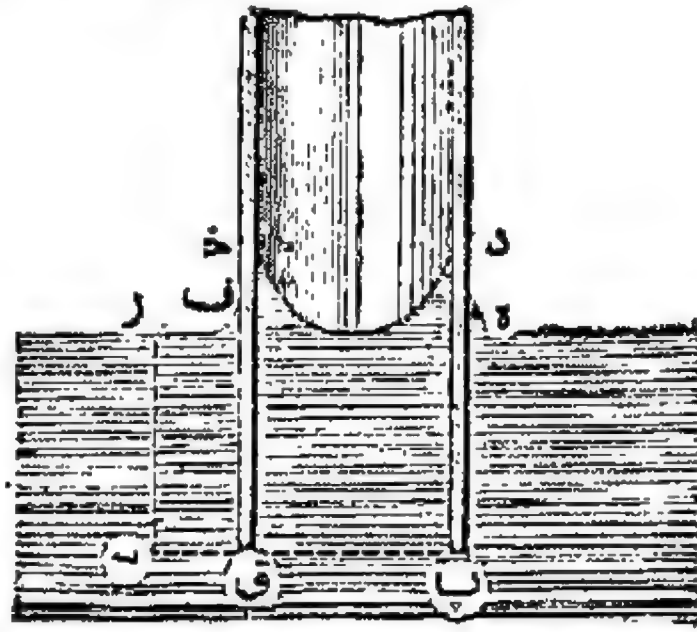
ولنتائج حصول الالتصاق والتماسك معاهاتان متميزتان فان جذب الاجسام الصلبة للاجسام السائلة قد يكون أكبر من التماسك وقد يكون أصغر منه ففي الحالة الاولى يتل الجسم الصلب بالسائل وفي الحالة الثانية لا يتل به فالخشب أو الزجاج مثلا يحدث في الماء جذبا أعظم من تماسك جزيئات الماء ولذا اذا غمرت قطعة من الخشب أو الزجاج في الماء ثم اخرجت فانها تسحب معها نقطة من هذا السائل فالجذب الحاصل من الزجاج على الجزيئات السائلة يفوق تماسك السائل بل والتشاكل معا والزئبق نقيلا يلتصق بالزجاج ولا بالخشب ويلتصق بالنحاس والذهب وقد رأينا أن سطح السائل المتأثر بالتشاكل وحده يكون أفقيا ومع ذلك فن النادر أن يكون سطح السائل أفقيا تماما في النقط المجاورة لجدر الجسم الصلب الرأسية وذلك بسبب

التصاق

التصاق جزيئات السائل بالصلب وقد أبان (كايروت) ان سطح السائل في النقطة المجاورة للجدار لا يكون أفقيا الا اذا كان التصاق السائل بالجسم الصلب يساوى نصف تماسك جزيئات السوائل بعضها ببعض ومتى كانت قوة الالتصاق أعظم من ذلك فان السائل يسل الجسم الصلب وسطحه يرتفع على جدره مكونا الشكل الهلالي يسمى الهلالي المقعر كالشكل ده ف خ (شكل ٥٤) ومتى كانت قوة التماسك تزيد عن ضعف قوة الالتصاق فان السائل



ش ٥٥



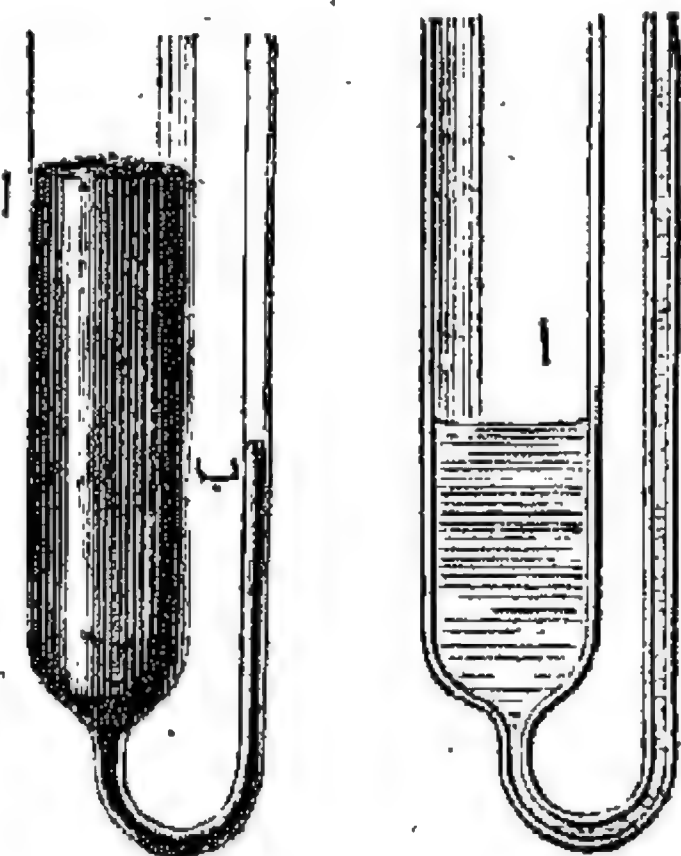
ش ٥٤

لا يسل الجسم الصلب وسطحه يبعد عن الجدر فينخفض فيصير محدبا ويسمى هذا الهلالي المحدب كالشكل ك ج ن ل (شكل ٥٥) ومثال الهلالي

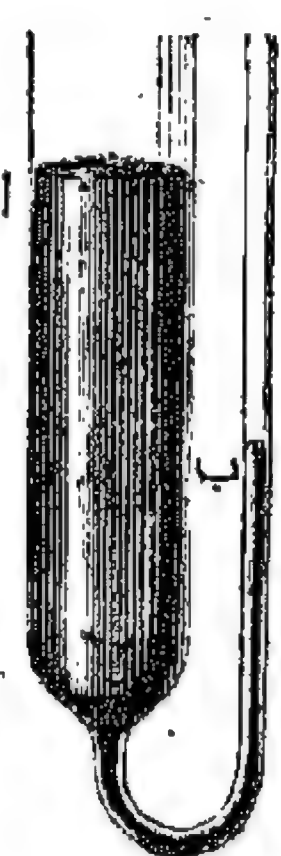
المقعر سطح الماء في أنبوبة ضيقة ومثال الهلالي المحدب سطح الزئبق في أنبوبة ضيقة كذلك

٨٩ - الظواهر الشعرية - تغير شكل سطوح السوائل في نقطة تلامسها بالاجسام الصلبة وتوتر هذه السطوح مما يحدث تغيرا في شروط الموازنة المنقاد لها ارتفاع السوائل في الاواني المتواصلة فلنفرض سائلا في اناء جدره متقاربة كانبوبة مثلا فن البين أن التوتر السطحي يختلف بحسب كون السطح أفقيا أو محدبا أو مقعرا وقد دلت الابحاث على أن التوتر السطحي في هلالي مقعرا أقل منه اذا كان السطح أفقيا ويكون هذا التوتر في الهلالي المحدب أعظم منه في الافقي أما التوتر السطحي للسائل خارج الانبوبة فلا تغير فيه لان السطح افقي تقريبا في جميع نقطه

اذا علمت ذلك فلنتصور أنبوبة ا (شكل ٥٦) و ا (شكل ٥٧) كلتاهما متصلتان بأنبوبة



ش ٥٦



ش ٥٧

شعرية ب و ب أي أنبوبة مستدقة جدا (ولقرب قطرها من قطر الشعرة سميت شعرية والظواهر التي تشاهد فيها تسمى بالظواهر الشعرية) ففي الانبوتين المتسعيتين ا و ا يمكننا صرف النظر عن تأثير انحناء السطح في التوتر السطحي لان سطح السائل يكون مستويا في معظم نقطه وليس الامر كذلك في الانبوتين المستدقتين ب و ب فقيمهما يكون التوتر السطحي كثير التغير لان سطح السائل

يكون منحنيا في جميع جهاته فينتج من ذلك أن التوتر السطحي يكون أقل في ب (شكل ٥٦)

منه في أ حيث ان الهلالى للانبوبة ب مقعر ويكون أكثر في ب منه في أ (شكل ٥٧)
حيث ان الهلالى في ب محدب ووجود فرق في التوربين سطوح سائل في أنبوبتين
متواصلتين ينتج عنه تغير شروط الموازنة المنقاد لها سطح السائل في الاوانى المستطرفة التى فيها
التناقل وحده يعين ارتفاع هذه السطوح في الأنبوبة ب (شكل ٥٦) يكون ضغط عمود
السائل أقل من ضغط العمود المساوى له في الارتفاع من الأنبوبة أ حيث ان توتر السطح
في ب أقل منه في أ ولذلك لا تكون الموازنة الاوسطح السائل في ب أرفع من سطح
السائل في أ ويحصل العكس في الأنبوبة ب أ (شكل ٥٧) ففيهما لا تكون الموازنة
الاوسطح السائل في ب أخفض منه في أ لان توتر السطح في ب أعظم منه في أ
والحالة الاولى تشاهد اذا ملئت بالماء أنبوبة متسعة ملتحمة بأنبوبة شعيرية والثانية تشاهد
اذا ملئت هذه الأنبوبة بالزئبق

٩٠ - قانون ارتفاع السطوح الناتجة عن التأثيرات الشعرية - قد أوقفنا أبحاث
(غيلوسالك) العملية في ارتفاع وانخفاض سطوح السوائل الناتجة عن التأثيرات الشعرية
على ما اهتدى اليه (بواسون ولبلاس) بالحساب وهى القوانين الآتية

القانون الاول - الارتفاعات أو الانخفاضات التى تحصل في سائل كائن في أنابيب شعيرية
من مادة واحدة تكون على العكس من أقطار هذه الانابيب مادام قطرهما لا يتعدى ٢ ملليمتر
القانون الثانى - لا تتعلق الارتفاعات أو الانخفاضات الا بقطر الجزء من الأنبوبة الذى يحصل
فيه الهلالى دون قطر الجزء الباقى منها

القانون الثالث - ارتفاع أو انخفاض سطح السائل بين صفيحتين متوازيتين يكون على
العكس من طول المسافة الفاصلة بين الصفيحتين وهو نصف ما يكون في أنبوبة قطرها المسافة
الفاصلة بين الصفيحتين

وبالخواص الشعرية يفسر عدة ظواهر تشاهد كل يوم فبسيبها يرتفع الزيت في فتائل المصابيح
ويتخلل الماء قطع السكر والاسفنج وغيره من الاجسام ذات المسام حين يغمر جزء منها في الماء
وبسبب ذلك قد يطفو بعض الاجسام على سطح الماء مع كونها أثقل منه وذلك كبرة من
الصلب غطيت بطبقة خفيفة من الشحم فان الماء لا يبل هذه الكبرة فيهبط تحتها وبذلك قد
يصير وزن الماء المزاع أكثر من وزن الكبرة أو مساوياً له وبسبب الخواص الشعرية تنزلق
بعض الحشرات على سطح الماء من غير أن تغور فيه

٩١ - ذوبان الاجسام الصلبة - قد يكون جذب السائل للجسم الصلب قويا كافيا لقهر تماسكه ففي هذه الحالة يذوب الجسم الصلب في السائل أى أن جزيئات الصلب يتفصل بعضها عن بعض وتختلط بجزيئات السائل فتكون سائلا متجانسا وبعبارة أخرى أن يحصل تغير في حالة الجسم الصلب وهذا التغير يسمى بالذوبان والكتلة السائلة الناتجة عن هذا التغير تسمى محلولاً

ولذوبان الجسم الصلب في السائل وقت فيه تحصل موازنة بين جزيئات السائل والصلب فلا يمكن أن يذيب السائل من هذا الجسم الصلب زيادة عما أذابه أى لا يمكن أن يسهل جزءاً آخر من الجسم الصلب فيقال للسائل حينئذ قد تشبع والنسبة بين مقدار المذيب وغاية ما يمكن أن يذوبه من الجسم الصلب تعين سعة تشبع السائل بهذا الجسم وتسمى هذه النسبة عامل ذوبان الجسم الصلب بالنسبة للسائل المقصود

وتتعلق سعة تشبع السائل بطبيعة السائل والجسم المذاب فالمائة جزء من الماء على الدرجة المعتادة تشبع بثلاثمائة جزء من السكر و ٣٣ من كلورات البوتاسيوم والمائة جزء من الجليسرين تشبع بأربعين جزءاً من السكر وبأكثر من ١٠ من كلورات البوتاسيوم وتتعلق سعة التشبع أيضاً بدرجة الحرارة وفي العادة أنها تزداد بارتفاع درجة الحرارة وينقص ذوبان بعضها متى زادت درجة الحرارة عن حد معين

وحجم المحلول ينقص في العادة عن مجموع حجمي المذيب والمذاب وبذلك يكون وزنه النوعي أزيد من متوسط الوزن النوعي للجسم المذيب والمذاب وفي ذلك دليل على أن جزيئات الجسم الصلب والسائل يتقارب بعضها من بعض في ظواهر الذوبان بتأثير جذب بعضها في بعض فيصير بعض جزيئات الجسم السائل أقرب إلى بعض مما كانت عليه قبل الذوبان ويؤخذ من ذلك أن جذب جزيئات السوائل لجزيئات الصلبة في حالة الذوبان يفوق تماسك الجسم الصلب المذاب والجسم السائل المذيب

٩٢ - التشرب - متى وضع بعض الاجسام خصوصاً العضوية في سائل كانت قوة جذب جزيئاتها لجزيئات السائل غير كافية لقهر تماسكها فلا تستحيل إلى السيولة وفي هذه الحالة يحصل أحد أمرين إما أن يتخلل السائل مسامها بالطريقة الشعرية وهذا هو التشرب أو ينقسم الجسم الصلب إلى أجزاء مختلفة الغلظ تختلط بكتلة السائل وهذا يسمى ذوبانا غير تام وجميع الانسجة العضوية ما عدا الانسجة الدسمة تشرب بالماء وبعض متحصلات الكائنات الحية كالنشا والصمغ تكون مع الماء محاليل غير تامة

وقد أفادت أبحاث المعلم (شوفرى) ان الاجسام العضوية كالعضلات والاورتار والاعشية المختلفة اذا جففت فى الفراغ أو فى الهواء المطلق أو بالضغط تنفج بملامستها للماء وتتشربه فتعود الى حالتها الاصلية فالوتر الذى يفقد بالتجفيف المستطيل نصف مائه يكتسب ما فقده من هذا السائل بوضعه فيه فتعود له جميع صفاته الاولى وكذلك الالياف العضلية التى صارت الى خمس وزنها بالعصر تعود الى حالتها الاعتيادية بملامستها للماء

وطبيعة السائل تغير شدة التشرب فالانسجة تشرب من المحاليل المحمية أقل مما تشرب من الماء القراح فن أبحاث (ليج) تبين أن مائة جزء من مثانة ثور بحففة تشرب بعد ٢٤ ساعة ٢٦٨ حجماً من الماء القراح و ١٣٣ من محلول كلورور الصوديوم

وقد أبان (بروك) و (ليج) أن التشرب يغير درجة تركيز المحلول فإتشرب من السائل بالنسيج العضوى يكون أقل احتواء على الملح من المحلول الحاصل فيه التشرب

٩٣ - انتشار السوائل - الجذب الذى يحصل بين جزيئات الاجسام الصلبة وجزيئات الاجسام السائلة يحصل بين جزيئات سوائل مختلفة ويقال للسوائل التى يحصل بين جزيئاتها هذا الجذب انها قابلة للمزج فالماء يمتزج بمحلول كلورور الصوديوم والكحول وبالحل ولا يمتزج بالزيت ولا بالزئبق

ولابانة انتشار السوائل بطريقة سهلة يوضع فى اناء مقدار من صبغة عباد الشمس الزرقاء ثم يوضع بواسطة (بييت) فى قعر الاناء شئ من حمض الكبريتيك فيشاهد استحالة لون السائل من الزرقة الى الحرة شيئاً فشيئاً من قعر السائل الى سطحه

وتنقسم السوائل من حيث امتزاجها الى سوائل تمتزج بأى مقدار وذلك كالماء والكحول فى امتزاجهما بالايثير وسوائل لا تمتزج الا بمقدار معين كالماء فى امتزاجه بالايثير والكوروفورم وينقص حجم المزوج عن مجموع حجوم السوائل الممتزجة نقصاً نامقداره يختلف باختلاف السوائل فمزوج ٥٤ حجماً من الكحول الخالى عن الماء و ٥٠ حجماً من الماء لا يشغل الا ١٠٠ حجم أى ان هنالك انقباضاً مقداره $\frac{100-104}{104}$ ولا انتشار السوائل قوانين هى

القانون الاول - يزداد الانتشار بارتفاع درجة الحرارة

القانون الثانى - سرعة الانتشار تتعلق بالجسم المذاب وبالوسط الذى يحصل فيه الانتشار

القانون الثالث - كمية ما ينتشر فى زمن واحد على درجة حرارة واحدة من ملح مذاب فى سائل بمقادير مختلفة متناسبة مع الكمية المذابة من هذا الملح وبعبارة اخرى ان كمية الملح التى تفارق

فى

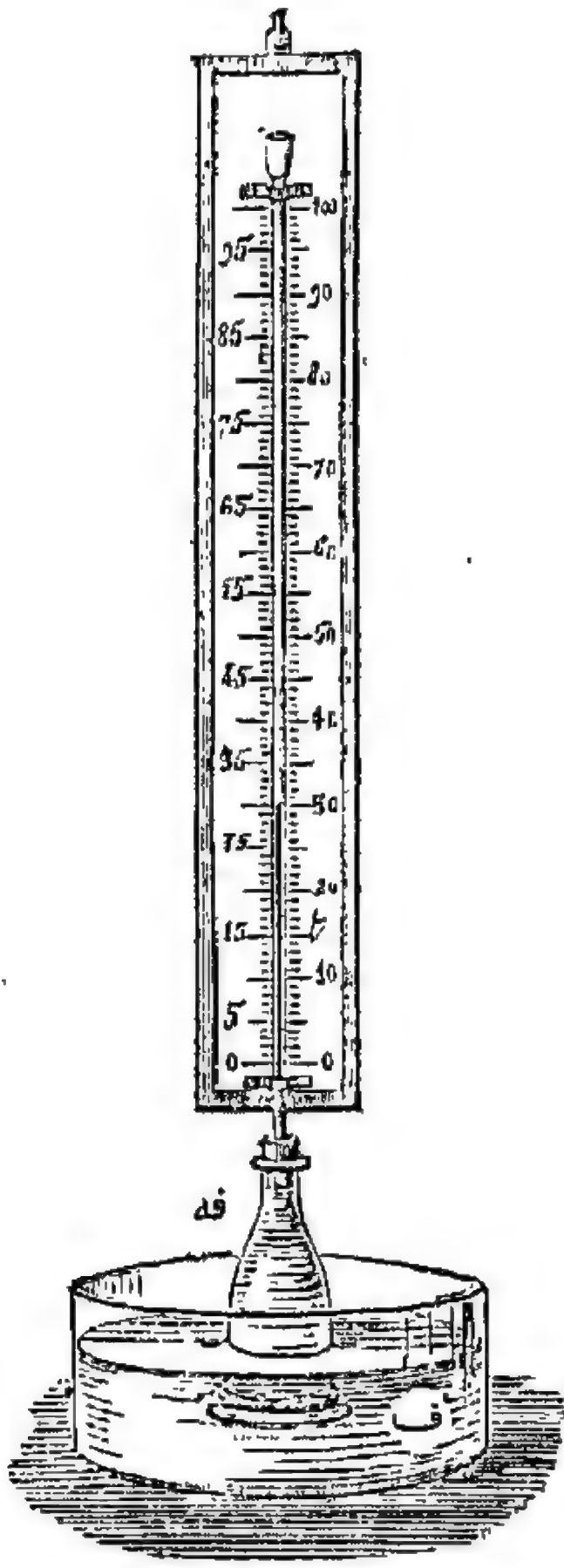
في زمن معين السائل المحلول فيه لتنتشر في سائل آخر كالماء مثلاً متناسبة مع درجة تركيز المحلول الملحي

٩٤ - انتشار السوائل من الحواجز ذات المسام - اندسموز - قد يفصل سائلان قابلان للمزج بعضهما عن بعض بحاجز صلب يسمح بمرور أحدهما فوجود هذا الحاجز ذي المسام يكسب ظواهر الانتشار التي تحصل في هذه الحالة صفة خاصة لأنه حينئذ لا يكون امتزاج السائلين متعلقاً بالجذب الجزيئي للسوائل فقط بل يكون متعلقاً أيضاً بميل كل سائل لمادة الحاجز فإذا كان السائلان غير قابلين للمزج فانتشارهما من الحاجز مستحيل كما أن امتزاجهما حين يكونان متلامسين مباشرة غير ممكن أما إذا كان السائلان قابلين للمزج فإنه يحصل الانتشار مع حصول تنوع فيه هو نتيجة وجود الحاجز المسامي وسميت الظواهر التي تحصل في هذه الأحوال (اندسموز) وسميها (جراهام) أو سموز ولبين التنوع الذي يحصل في الانتشار بوجود حاجز صلب نقول أنه في انتشار سائلين متلامسين مباشرة يتبادل كميات متساوية من الأصول المركبة للسائلين بحيث أن حجم كل من السائلين مقيساً من ابتداء سطح انفصالهما الأصلي يبقى تقریباً ثابتاً وليس الأمر كذلك في الأوسموز فالسائل الذي يكون ميله للحاجز أعظم يتركز بمقدار أكبر فتتغير نسبة حجمي السائلين عما كانت قبل حصول ظاهرة الأندسموز فإذا فصل الماء والكحول مثلاً بغشاء من الصمغ المرن فهايمتركز من الكحول من الغشاء لينتشر في الماء أكثر مما يمر من الماء لينتشر في الكحول وذلك لأن الصمغ يتبل بالكحول لميله له ولا يتبل بالماء فإذا فصل السائلان بمثانة حيوان فهايمتركز من الماء منها لينتشر في الكحول يكون أعظم مما يمر من الكحول لأن المثانة الحيوانية تتبل بالماء فيل الماء للمثانة أعظم من ميل الكحول لها ولذلك يتركز منها من الماء أكثر مما يمر منها من الكحول

وعناب الأنسجة يتبل بالماء ولذلك إذا كانت حاجزة بين الماء وبين محلول يمتزج به فإنها تساعد على انتقال الماء وانتشاره في المحلول وللمقابلة انتشار السوائل بعضها ببعض من خلال الأغشية يبحث عن انتشار كل منها على حدة في الماء من خلال غشاء واحد وفي درجة حرارة واحدة ولهذا الغرض يوضع السائل في جهاز يسمى اندسموزومتر (شكل ٥٨) وهو عبارة عن أنبوبة مفتوحة عمودية مثبتة على فتحة ناقوس فيه سدّقه بقطعة من المثانة أو بأى غشاء عضوي آخر فيملاء الناقوس بالسائل المراد معرفة انتشاره إلى مبدأ الأنبوبة ويوضع هذا الناقوس في أناء فيه ماء بحيث يكون سطح الماء محاذياً لسطح السائل فيرى بعد زمن ارتفاع سطح السائل في الأنبوبة بسبب نفوذ الماء من الغشاء ويتحمل الماء مقداراً مختلفاً من

السائل وبعبارة أخرى يحصل من خلال الغشاء تياران مختلفا الشدة والاتجاه والذي به دخل الماء في الأنبوبة يسمى اندوسموز وهو الاقوى والثاني الذي به يخرج السائل من الناقوس يسمى اوكرسموز وهو الاضعف

وفي الغالب ان الاندسموز يحصل من السائل الاقل كثافة ولهذه القاعدة استثناءات منها ان الماء يتجه نحو الكؤل والكؤل نحو الايتير



ش ٥٨

٩٥ - مكافئ الاندسموز - دلت التجربة على وجود علاقة بين مقدار الماء الداخل في أنبوبة الاندسموز ومتر ووزن المادة المذابة في المحلول الخارجة منها مادامت درجة تركيز المحلول الموضوع في الأنبوبة لم تتغير تغيرا بينا وكمية المادة المذابة في المحلول خارجة من الاندسموز ومتر غير محسوسة وتسمى بمكافئ الاندسموز كمية الماء التي تحل بطريق الاسموز محل جرام من المادة المذابة في المحلول وفي الغالب يكون مكافئ الاسموز

أكبر من الوحدة متى كان غشاء الاندسموز ومتر حيوانيا أي أن ما يحل من الماء محل الجسم في الاندسموز ومتر يكون أكبر من الوزن الذي حل محله من هذا الجسم وقد يكون أيضا مقدار الماء أقل وفي الحالة الاولى يقال للاوسموز موجب وفي الحالة الثانية يقال له سالب

ويتعلق مكافئ الاندسموز لجسم بطبيعته الكيماوية وبدرجة تركيزه فان كان اوسموز الجسم موجبا فان مكافئ اندسموزه يزداد وان كان سالبا فانه ينقص فمثلا مكافئ محلول كلورور الصوديوم المحتوي على ٤٦ من كلورور الصوديوم في المائة من الماء ١٥٠ ويصير ٢٣ اذا كان المحلول يحتوي على ١١١ في المائة من الماء ويصل الى ٣ اذا كان المحلول يحتوي على ٢٦٥ من هذا الملح ومكافئ الاندسموز لا يدارت البوتاسيوم ٢٠٠ وينقص مكافئ الاندسموز لكبريتات الصوديوم بازدياد تركيز محلوله ولو كان اسموزه موجبا

ويزداد المكافئ الاندسموزي والظروف متناسقة اذا كان الغشاء الموضوع بين السائلين جافا بدل أن يكون مندي بالسائل وانتفاخ الغشاء يقلل قابلية نفوذ الماء فيه ويزيد قابلية نفوذ الملح ومن ذلك يرى أن المكافئ الاندسموزي ليس له ثبات مطلقا ولو استعمل غشاء واحد وتغيره هو في حدود واسعة بحسب طبيعة الغشاء

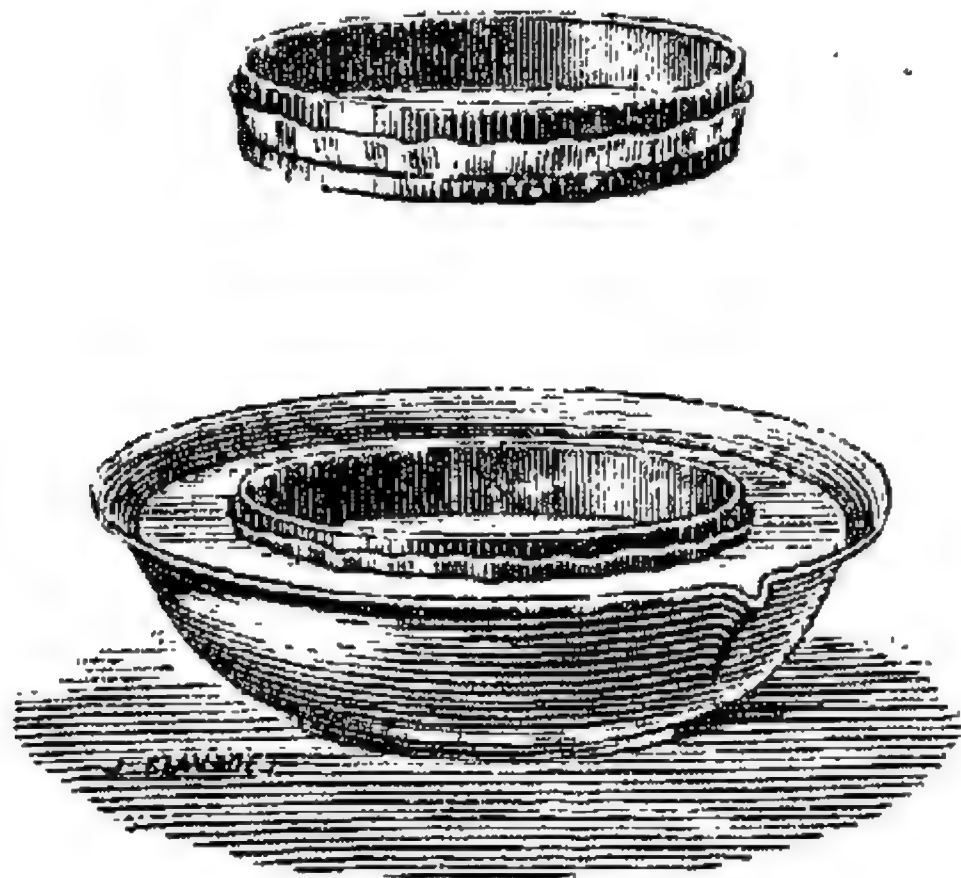
ولا يتغير المكافئ الاندسموزى تغيرا من هذا القبيل بفصل السوائل بفواصل لا تنتفخ في الماء كالطفل بدل استعمال الاغشية ولذلك فضل استعمال هذه الفواصل لمعرفة مالمسعة المسام من التأثير في ظواهر الاوسموز

وقد دلت التجربة على أنه كلما كانت مسام الحاجر الطفلي واسعة قارب المكافئ الاندسموزى الوحدة ولمسعة المسام حذمتى صارت اليه انعدم تأثير الفاصل في انتشار السوائل أى لا يحصل اوسموز بل مزج بسيط وفي هذا يكون المكافئ الاندسموزى مساويا للوحدة

وبالعكس كلما صغرت المسام تباعد المكافئ الاندسموزى عن الوحدة ويزداد في الاجسام التى اوسموزها موجب وينقص في الاجسام التى اوسموزها سالب ولضييق المسام أيضا حذمتى وصل اليه كان المكافئ الاندسموزى قريبا من الوحدة الى أن لا يحصل اندسموز ولا انتشار في السائل وفي هذا الوقت يكون الفاصل لا يسمح بنفوذ السوائل منه وحينئذ فلسعة مسام الفاصل حذان اذا تجاوزتهما انعدم الاوسموز

وسمك الفاصل أى طول مسامه يؤثر في ظاهرة الاوسموز كتأثير ضيقها فكلما كان الفاصل أسمك كان المكافئ الاندسموزى أبعد عن الوحدة وما قيل في الفاصل الطفلي ينطبق على الاغشية المسامية

٩٦ - الدياليز - اذا انتشر محلول محتوع على مخلوط من مادة غير قابلة للتبلور ومادة قابلة له في الماء فإنه لا يمر في الماء شئ من المادة الغير القابلة للتبلور فاذا وضع في ناقوس الاندسموز ومتر مخلوط محلول الصمغ والسكر مذابين في الماء فالسكر وحده يمر من الغشاء لينتشر في الماء الموضوع خارج الناقوس وعلى هذه الخاصة تصور (جراهام) طريقة لفصل الاجسام القابلة للتبلور من الغير القابلة له في المحاليل المختلفة وذلك بان يوضع المخلوط



ش ٥٩

في اناء قعره من الورق غير المنشى الذى غمر في حمض الكبريتيك فصار بذلك متينا غير قابل للتغفن ثم يوضع الاناء في اناء آخر محتوع على الماء المقطر وفي هذا الاخير تنتشر الاجسام القابلة للتبلور بعد أن تمر من الغشاء وهذه الطريقة تسمى طريقة الدياليز والجهاز الذى ذكرناه وهو المستعمل في هذه الطريقة يسمى بجهاز الدياليز (شكل ٥٩) واذا

كانت المادة القابلة للتبلور المخلوطة بغير القابلة له مكونة بعد مرورها من الغشاء لمحلول بينه

وبين المادة غير القابلة للتبلور وميل اندسموزى دل ذلك على ان فصل المادة بعضها عن بعض بطريقة الدياليز غير تام فاذا وضع فى الدياليز مثلاً محلول محتو على الزلال وكالورور والصوديوم فانه لا يمر فى ابتداء العمل من الغشاء غير جزيئات الملح غير أن المحلول الملحي المتكوّن فى الجهة الثانية من الغشاء بسبب مرور هذه الجزيئات يجذب الزلال بقوة ولا جتناب هذا العارض يجدد الماء المقطر زمناً فزمننا

٩٧ - سرعة الاندسموز - السرعة التى بها يحصل الاندسموز بين الماء والجسم المذاب فى المحلول ثابتة مادامت درجة تركيز المحلول لم تتغير والماء باقياً على نقائه ودرجة الحرارة ثابتة ولا تتعلق سرعة انتشار الاجسام المختلفة بالنسبة الكائنة بين مكافئات اندسموزها ولكنها تتعلق بذوبان الاجسام وبطبيعتها الكيميائية وبدرجة تركيزها فتزداد سرعة الانتشار كلما كان الجسم أكثر ذوباناً وسرعة انتشار الاجسام التى يقرب بتركيبها الكيميائى بعضها من بعض لا تختلف وتزداد سرعة الانتشار بازدياد التركيز بل ازدياد سرعته أكثر من ازدياد كمية الملح وفى الاندسموز بين الماء والمحلول الملحي تكون السرعة ومرار جزيئات الملح نحو الماء أعظم كلما كان المحلول الملحي أكثر تركيزاً وكذلك سرعة مرور جزيئات الماء نحو الملح ولكن سرعة التيارين ليست واحدة فان سرعة التيار المتجه من الماء الى الملح أكبر من سرعة التيار المضاد ومن ذلك يتبين أنه كلما كان المحلول أكثر تركيزاً كان مقدار الماء الذى يمر فى زمن معين من الغشاء المسامى ليمتزج بهذا المحلول أعظم ويفهم سبب ارتفاع مكافئ الاندسموز بازدياد تركيز المحلول

٩٨ - انتشار سائلين تركيبيهما وتركيزهما مختلفان من خلال الاغشية - اذا كان الانتشار من الاغشية حاصل بين سائلين مختلفي التركيز والتركيب الكيميائى فان الظاهرة تتعلق بدرجة تركيز كل من المحلولين وبتركيبهما الكيميائى

ويسهل تبادل الاصول المذابة فى السائلين كلما عظم بينهما الميل الكيميائى فسرعة الانتشار بين حمض وقاعدة أعظم من سرعة انتشارين حمضين أو ملحين وكلما كان للاجسام الموجودة فى المحلولين ميل لبعضهما لبعض كان أحد التيارين متغلباً على الآخر فاذا كان الاندسموز مثلاً بين حمض وقلوى فان الحمض يتجه نحو القلوى ويكاد العكس لا يحصل

واذا كان الانتشار بين محلولين محتويين على جسم واحد لكن بمقادير مختلفة فان مقدار الجسم المذاب ينقص فى المحلول الأكثر تركيزاً ويزداد فى الآخر ويحصل تغير فى الحجم كما يحصل عندما يكون الانتشار حاصل بين الماء القراح والملح غير أن هذا التغير يكون بطيئاً

٩٩ - الاجسام القابلة للتبلور وغير القابلة له - بعض الاجسام لا يمر من خلال الاغشية العضوية الا بصعوبة وذلك كحلول الزلال والصمغ والهلام وغير ذلك والبعض الآخر يمر من الاغشية العضوية بسهولة والاولى سماها (جراهام) بغير القابلة للتبلور وهي التي تكسب الماء الذي اذيت فيه قواما هلاميا وتجذب الماء من خلال الغشاء وبذلك كان مكافئها الاندسموزى عظيما ولكن سرعة التيار الاندسموزى والا كرسموزى ضعيفة والثانية سماها بالقابلة للتبلور لانه يمكن الحصول عليها غالباً بالتبلورة

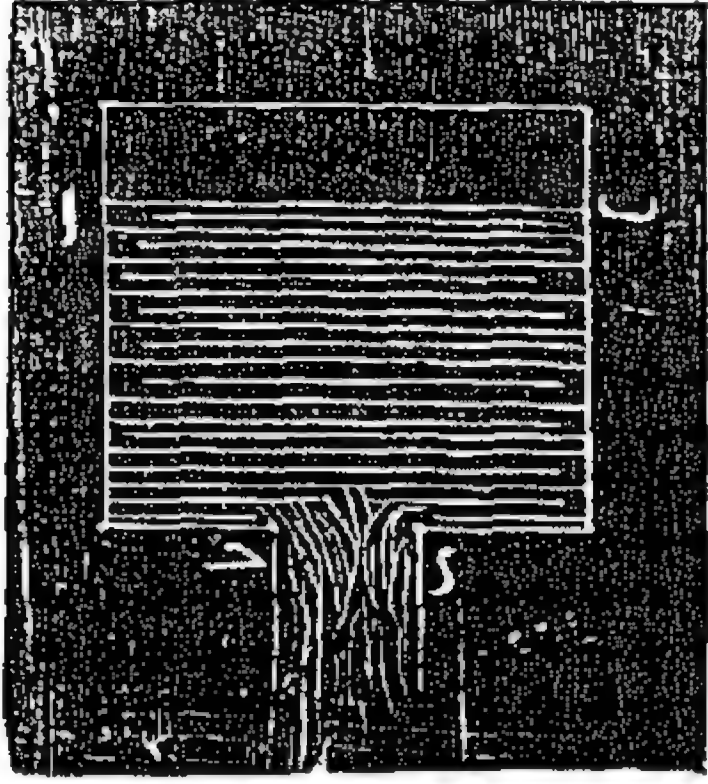
والميل الاندسموزى للزلال محلول الى المحاليل المحيية أكثر من ميله الى الماء ويزداد تيار الانتشار بازدياد تركيز المحلول المحي ومع ذلك اذا صار مقدار الملح عظيما فان المحلول المحي لا يأخذ من المحلول الزلال الى الماء

١٠٠ - نظرية الاندسموز - الظواهر العمومية مؤسسة على قضيتين أصليتين هما ابتلال الحواجز ذات المسام الذي هو نتيجة ميل السوائل الى الجوامد وانتشار السوائل

فاذا فصل سائلان A و B مثلاً بغشاء فلا يحصل الاندسموز أى اختلاط السائلين بانتقال في العناصر المكونة للسائلين من غير تساوي الا اذا كان السائلان قابليين للامتزاج وكان لاحد السائلين A مثلاً ميل للغشاء أكثر من ميل الثاني B له وكان ميل مخلوط السائلين الى الغشاء متوسطاً بين ميل كل منهما على انفراده الى هذا الغشاء

ومن البين أنه في هذه الظروف لا يحصل اختلاط السوائل بالكيفية التي يحصل بها الاختلاط مع عسدم وجود حاجز بينهما ولبيان ذلك نتخيل ما يحصل في مسم واحد من مسام الحاجز فالسائل A الذي ميله الى الحاجز أعظم من ميل B له يدخل في المسم ويملؤه كله طارداً أمامه السائل B وعند وصوله للسطح الثاني من الغشاء يتشرف السائل B بسبب ميل السائلين بعضهم البعض ثم يدخل في المسم كمية جديدة من السائل A بدل التي انتشرت وهكذا ومن ذلك يحصل بالضرورة التيار المسمى اندسموز وهذا انما هو سير الظاهرة في طبقة السائل الملاصقة مباشرة للجدار الباطنة لهذا المسم أما في الجزء المركزي فان السائلين يختلطان تبعاً لقوانين الانتشار لانه في هذا الجزء من المسم لا يكون للعاجز تأثير عليهم ما فتتبادل جزئيات السائلين على التساوي فيتولد تياران أحدهما في اتجاه تيار الاندسموز والثاني في اتجاه مصادله ونتيجة هذا الأخير انتقال السائل B الى محل السائل A وهو التيار المسمى تياراً لا كرسموز

١٠١ - دعوى (تروشيلي) - اذا اعتبرنا سائل في اناء سطحه في أب مثلاً (شكل ٦٠) فكل جزء من قعر هذا الاناء يتحمل ضغطاً لمنافياً تقدم مقداره فاذا فتحنا في هذا القعر

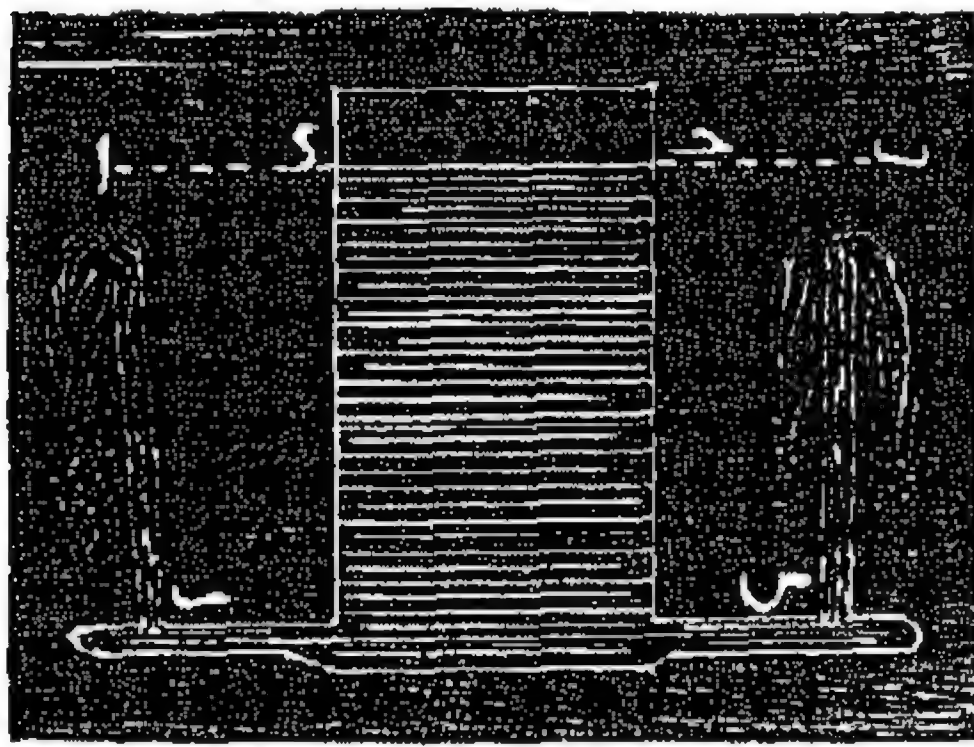


ش ٦٠

فتحة كالفتحة د ح فجزئيات السائل الكائنة في هذا المكان تسقط لعدم وجود ما يمنعها من انقيادها للتساقل والضغط الواقع عليها وسقوطها يحصل بسرعة معينة بدعوى (تروشيلي) وهي أن سرعة جزيء السائل الخارج من فتحة جعلت في جدار اناء هي عين سرعة الجسم الساقط سقوطاً مطلقاً من سطح السائل الى مركز ثقل هذه الفتحة

فاذا رمز للمسافة بين سطح السائل ومركز ثقل الفتحة بالحرف s ورمز لسرعة سيلان السائل بالحرف v يكون $v = \sqrt{2gs}$ وهذه السرعة الناشئة عن ضغط السائل تكون كهذا الضغط عمودية على الجدار في النقطة المقصودة وشكل الطريق المقطوع بالجزئيات المختلفة المتعاقبة يتعلق بالسرعة الاصلية لها وبالتساقل فيكون هذا الطريق مستقيماً اذا كانت الفتحة في جدار أفقي واتجاه السرعة الاصلية عمودياً كالتساقل وفي غير ذلك يكون الطريق قطعاً مكافئاً

وحيث ان السرعة المسكتسبة بجسم ساقط من ارتفاع هي عين السرعة التي يلزم ايجادها فيه ليصل الى هذا الارتفاع بقذفه من اسفل الى أعلى فالجزئيات الخارجة من الفتحة s (شكل ٦١) بسرعة ناتجة عن ضغط السائل تصل الى المستوى d الذي هو السطح



ش ٦١

العلوي للسائل بناء على دعوى (تروشيلي) وقد أيدت التجربة ذلك فان الفتحة متى كانت في الجدار العلوي لانبوبة مركبة على اناء فيها سائل فان السائل يخرج من هذه الانبوبة في هيئة نافورة حتى يصل الى قرب سطح السائل والفرق القليل الذي يشاهد انما هو لمقاومة الهواء لهذه النافورة ولمصادمة اجزائها الاجزاء

السائل الساقط ولذلك يزداد ارتفاع السائل الخارج بامالة النافورة زاوية صغيرة كما في s كي لا تصادم بنقط السائل الساقط

١٠٢ - المصروف والمعادلات - تسمى مصروفاً كمية السائل الجارية من فتحة في زمن معين ويقدر بمقدار الليترات السائلة من الفتحة في ثانية واحدة وبارتفاع معين للسائل يسمى حمله

وكية

وكية السائل الجارية في الثانية الواحدة بحمل معين تحصل بضرب سطح الفتحة في سرعة خروج السائل لانه لو بقيت الجزيئات بعد خروجها من الفتحة على الحركة التي كانت عليها وهي في الفتحة لكانت بعد ثانية اسطوانة قاعدتها الفتحة وارتفاعها المسافة المقطوعة بالجزيء الاول في هذه الثانية وهو ارتفاع يساوي السرعة

واذا خرج السائل من فتحة في جدار رقيق فان المصروف الحقيقي لا يكون الا 0.63 مما تدل عليه النظرية وهذا الفرق آت من انقباض في السلسول واذا رمزنا بالحرف m للمصروف النظري وبالحرف n لقطاع الفتحة وبالحرف s لارتفاع السائل يكون في الثانية الواحدة $m = n \sqrt{0.63}$ واذا رمزنا بالحرف m للمصروف الحقيقي يكون في الثانية الواحدة $m = n \sqrt{0.63}$

١٠٣ - انقباض سلسول السائل - اذا أمعنت النظر في سلسول سائل خارج من فتحة في جدار رقيق شاهدت أن شكله اسطواني وأن قطره يأخذ في الصغر حتى انه على بعد من الفتحة مساو لنصف قطرها لا يكون قطر السلسول الا 0.8 من قطر الفتحة ثم يصير شكل السلسول من هذه النقطة اسطوانيا فالسائل يكون اسطوانة قاعدتها الجزء المنقبض لا الفتحة نفسها ووسطها هذا الجزء المنقبض هو 0.64 من سطح الفتحة ولذا يكون المصروف الحقيقي الخارج من فتحة في جدار رقيق أقل من المصروف النظري

ويفهم وجود هذا الانقباض اذا لوحظ ان الجزيئات الكائنة أعلى الفتحة ليست وحدها التي تسيل بل تشترك في حركة السيلان جميع جزيئات السائل كما يرى ذلك من الحركة التي تكتسبها الاجسام الخفيفة الصغيرة الحجم اذا علقت في السائل وعلى ذلك فالجزيئات الاتية بميل على حافات الفتحة تمنع نوعا الجزيئات الكائنة في اتجاه عمودي على الفتحة من السقوط وتحفظ جزأ من الحركة المائلة الى أن تنعدم المركبة الافقية للسرعة بالمصادمات المتوالية فتبقى السرعة العمودية وحدها

١٠٤ - تاثير الانابيب في السيلان - اذا وفقت على فتحة في جدار اناء أنبوبة قليلة الطول فلا يكون سيلان السائل منها كسيلانه من فتحة في جدار رقيق فان كانت الانبوبة اسطوانية وطولها يساوي قطرها مرة ونصف فالسائل يملاء الانبوبة كلها في سيلانه ولا يشاهد انقباض في السلسول وبقياس المصروف الحقيقي يشاهد أنه 0.82 من المصروف النظري وحيث ان قطر السلسول لم يتغير فنقصان المصروف لا يكون الا نتيجة نقصان في السرعة ويتمين

ذلك من فحص القطع المكافئ المرسوم بسائل خارج من أنبوبة أفقية وتعين سرعة السيلان بالحساب فالمصروف الحقيقي في هذه الحالة يكون

$$m = 0.82 \sqrt{2.6}$$

وقد يكون النقصان نتيجة انقباض في السائل ونقصان في سرعته معاً كما يحصل ذلك إذا كان سيلان السائل من أنبوبة مخروطية غير أن قيمة النقصان الناتج عن الانقباض والناتج عن تغيير السرعة يختلف باختلاف شكل وكبر الانابيب فباستعمال مخروط زاويته ١٢° يحصل على مصروف يقرب كثيراً من المصروف النظري هو في الثانية الواحدة

$$m = 0.90 \sqrt{2.6}$$

١٠٥ - تأثير الانابيب المرنة في المصروف - إذا وفقت أنبوبة مرنة على فتحة في جدار أناء فيه سائل كانبوية من صمغ مرّن شوهد أن المصروف في هذه الظروف هو عين المصروف الحاصل عندما تكون الانبوبة ذات مقاومة قطر هامسا و لقطر الانبوبة المرنة وجل السائل واحد ولا يكون الامر كذلك اذا صار سيلان السائل متقطعا فان مصروف الانبوبة المرنة يكون أعظم من مصروف الانبوبة ذات المقاومة فضلا عن كون السائل الخارج من الانبوبة غير المرنة يكون متقطعا والخارج من الانبوبة المرنة يكون منتظما

١٠٦ - حركة السوائل في الانابيب - بسبب ما يحصل من احتكاك جزيئات السوائل المتحركة بلامسة جسم صلب أو سائل تكون السرعة المكتسبة بجزيئات خارجة من أنبوبة في أناء فيه هذه الجزيئات تحمل حملا معينا أقل من السرعة التي تدل عليها دعوى (ترشيلي) وتكون أقل كلما كانت الانبوبة طويلة والاحتكاك الحاصل عن انتقال طبقتي سائل بعضهما ببعض يكون أعظم كلما كانت السرعة النسبية لأحدى الطبقتين أكبر من سرعة الطبقة الأخرى

وفي سيلان سائل في أنبوبة تبطؤ حركة الطبقة الملاصقة لجدار الانبوبة وهذه الطبقة تؤثر في التي بعدها فتتقص سرعتها وهكذا حتى انه يمكن اعتبار السائل المتحرك في انبوبة مكونا من طبقات مركزية لكل طبقة سرعة تختلف التي بعدها وتأخذ في النقصان من المركز الى الدائر وبتجهيص سائل يجري في قناة مكشوفة مع صرف النظر عن احتكاك سطح السائل في الهواء لضعف هذا الاحتكاك يرى للنقط المختلفة سرع مختلفة أكبرها سرعة الصف الموجود في وسط السطح المكشوف

وفي

وفي هذه الاحوال المختلفة للحصول على المصروف الحقيقي يلزم ضرب القطاع في سرعة متوسطة ترشد النظرية الى استنتاجها من بعض معلومات ماخوذة من التجربة

١٠٧ - حركة السوائل في الانابيب الشعرية - قد بحث العالم (بوازي) عما يحصل في حركة السوائل وهي في انابيب شعرية فوصل الى هذه القوانين

القانون الاول - كميات السائل الجارية تحت ضغوط مختلفة مع تناسب الظروف متناسبة مع الضغط (دعوى تروشيلي تفيد أنها متناسبة مع الجذر التربيعي للضغط)

القانون الثاني - الكميات الجارية والظروف متناسبة تكون بعكس طول الانابيب (لا تدخل لاطوال الانابيب بناء على قاعدة تورشيلي لو فرضت حركة السوائل تامة)

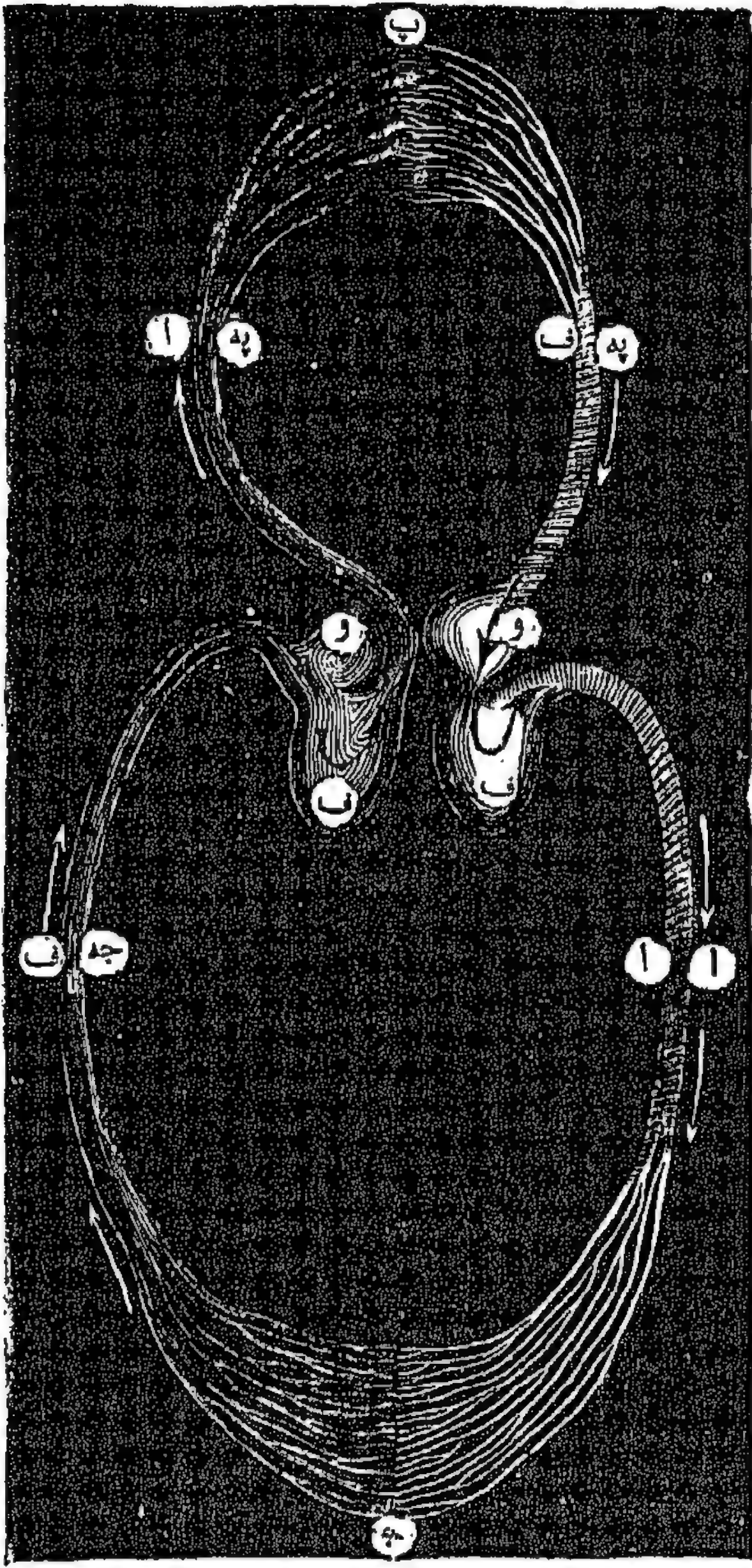
القانون الثالث - المصروف متناسب مع الدرجة الرابعة لاقطار الانبوبة (معادلة المصروف تفيد أن حجم الماء المنصرف يكون متناسباً مع مربع الاقطار) ولا تغير الحرارة هذا القانون وان كانت تغير العامل الذي يدخل في المعادلة

١٠٨ - تركيب سلسول سائل - بالتأمل في سلسول ناتج عن مرور سائل من فتحة في جدار رقيق يشاهد أن جزءاً من طوله الكائن بعد الجزء المنقبض يكون في شكل اسطوانة مخروطية خفيفة اذ اشقوق تام وجزء السلسول الذي بعده هذا يكون متعكراً ويشاهد فيه على ابعاد متساوية انتفاخات تسمى بطوناً متوالية مع اختناقات تسمى عقداً

وسبب هذا الشكل أن سلسول السائل ليس هو الا مجموع نقط متتمة يسقط بعضها عقب بعض بازمنة صغيرة جداً متساوية والمسافة بين هذه النقط تكون في الابتداء صغيرة ولكنها تزداد كلما بعدت النقطة عن الفتحة بسبب الحركة المعجلة التي تكتسبها كل واحدة منها وفي أثناء سقوط هذه النقط يتغير شكلها تغيراً زمنياً فتستطيل وتتفرطح على التوالي وبذلك يصغر قطرهما الافقي ويكبر ولذلك يصغر ويكبر قطر السلسول وحيث ان الاسباب المحدثه لتغير شكل نقطة هي المحدثه لتغير أشكال باقي النقط فانقال كل نقطة من شكل الى آخر يحصل في عين المحلات التي حصل فيها اتقال التي قبلها وبسبب عظم سرعة الحركة كانت العين لا تشعر بالحالات المتتابعة لكل نقطة بل تشعر بمجموع هذه الاحوال وهذا ما يحدث الهيئة التي وصفناها

١٠٩ - الدورة الدموية - علم التشريح يدلنا على ان في الحيوانات العالية لاسيما الانسان عضواً مجوفاً عضلياً يسمى القلب وهو في الانسان منقسم الى تجويفين متميزاً أحدهما

عن الآخر ولو كانا ملتصقين هما القلب اليميني والقلب اليساري وكلاهما منقسم الى تجويفين هما الاذيتان وو (شكل ٦٢) والبطينان ف ف منفصل كل من هذين التجويفين عن الآخر بصمام متحرك ويسمى صمام القلب اليميني بالصمام ذى الشرافات الثلاث وصمام القلب اليساري بالصمام ذى الشرافتين



ش ٦٢

ومن بطين القلب اليساري يخرج وعاء أى أنبوبة مرنة تسمى بالاورطى وهذه تتفرع الى عدد من الاوعية يتزايد كلما بعدت من القلب وقطر الاوعية المتفرعة أصغر من قطر الاصلية من غير أن يكون ازدياد العدد متناسبا مع نقصان القطر ولذلك يزيد مجموع أقطار الاوعية كلما بعدت عن القلب والاورطى وما تفرع منه يسمى بالمجموع الشرياني للدورة الكبرى ١١ وهي كثيرة المرونة والمنبث من هذه الاوعية في نهاية الاعضاء والانسجة يسمى بالاوعية الشعرية ج وهي صغيرة القطر ذات تركيب مخصوص بعضها يتفهم ببعض فتكون شبكة وعائية وتنضم الاوعية الشعرية بعضها الى بعض على التعاقب سائرة على العكس من الاوعية الشريانية آخذة عددها في القلعة ومجموع أقطارها

في التناقص الى أن تنتهي الى القلب وهذه الاوعية الاخيرة ج ه تسمى بالمجموع الوريدي للدورة الكبرى وفي بعض الاوردة ثنيات غشائية تعمل عمل صمامات فتمنع الدم عن التقهقر في الاوعية الشعرية ولا تمنعه عن العود الى القلب وتميز الاوردة عن الشرايين بقلعة مرونتها وجميع الاوردة ما عدا أوردة القلب نفسه تنتهي الى وريدين الاجوف العلوى والاجوف السفلى وهما ينفتحان في اذين القلب اليميني ومجموع ذلك من بطين وشرايين وأوعية شعرية وأوردة وأذين يسمى بالدورة الكبرى

ومن البطين الايمن يخرج وعاء حرن هو الشريان الرئوى وهذا يفرع فيكون مجموعا شريانيا
للدورة الصغرى ا به وبانباته في المنسوج الخاص للرئة يكون الاوعية الشعرة الرئوية ب
وهذه يتفهم بعضها ببعض فتكون المجموع الوريدى للدورة الصغرى به ف

وجملة القول أنه يخرج من البطين الايمن شريان يكون مجموعا شبيها بالمتكون عن الاورطى
ينتهى الى الاذين الايسر وهذا المجموع هو الدورة الصغرى

والصمام الفاصل لكل اذين عن البطين المقابل له يبيح اتصال أحدهذين التجوئين بالآخر
وفي مبدا كل من الاورطى والشريان الرئوى ثلاث صمامات هى الصمامات السينية وهى
تمنع اتصال البطين بالشريان في وقت الحاجة

ومما تقدم يعلم أن مجموع الجهاز الدورى تام الدوران يقسمه القلب الى قسمين مختلفى الطول
وهو مملوء بسائل مخصوص هو الدم قد علق فيه كرات صلبة هى الكرات الدموية الحمر
والبيض

ولنبحث الآن عن الظواهر الطبيعية والميكانيكية التى مجلسها الجهاز الذى ذكرناه فنقول
يتقبض القلب انقباضات دورية ويحصل انقباض الاذين أولا ثم البطين وزمن الانقباض
يسمى زمن (السيستول) ثم يتبع هذه الحركات زمنا ترجع فيه الالياف العضلية الى حالة
الهدوء ويسمى هذا الزمن زمن (الدياستول)

والقلب بسبب طبيعته العضلية وتصلب ألياف عضلاته فى جميع الاتجاهات يعمل بانقباضه
عمل طلمبة كاسية فيحصل دوران الدم فى جميع الدورة واتجاه هذا الدوران على حسب
الصمامات فالدم ياتى باستمرار من الاوردة الى الاذين ويعلمه مدة الدياستول وبانقباض عضلات
الاذين ينضغط الدم ولعدم امكان تفهقره الى الاوردة فان الصمام الاذيني البطينى ينفتح
بسبب هذا الضغط فيمر الدم الى البطين وهو فى حالة الدياستول وبحصول السيستول يتغلق
الصمام الاذيني البطينى وينفتح الصمام الفاصل بين البطين والمجموع الشريانى فينقذف الدم
فى هذا المجموع وبعد الانقباض يعود البطين الى حجمه فتغلق الصمامات السينية فتزول
المواصلات بين المجموع الشريانى والبطين ومن ذلك يتبين أن الدم يصل الى الاذين باستمراره
وخروجه من البطين يكون دوريا متقطعا

فالدم ينقذف فى الشرايين متقطعا بتأثير الانقباض البطينى وهو انقباض يساوى ضغطا مقدرا
بعمود من الزئبق طوله ١٠٥ مليمتر والدم المقذوف بهذه الكيفية والقوة لو كان قدذف فى
أنايب صلبة لكان سيلا نه فيمتقطعا أما فى الشرايين فيعمل عملين هما دفع السائل الذى

أمامه وتمديد الشريان تمديد المحسوسا وبعودة هذه الشرايين الى قطرها الاصلى زمن الدياستول تحدث تقدم الموجود فيها بمرونة الشرايين فتنتظم سير الدم وتجعله مستمرا بدل أن يكون متقطعا وتنقص سرعة الدم كلما صغرت الشرايين بسبب ازدياد القطاع الكلى للشرايين وتنقص أيضا هذه السرعة باحتكاك الدم فى جدر الشرايين

فالدم حينئذ يصل الى الاوعية الشعرية ووصولا مستمرا أو يكاد يكون مستمرا مع نقصان فى سرعته وسبب حركة الدم فى الاوعية الشعرية هو قذف القلب له واستمرار هذا القذف بمرونة الشرايين ووصول الدم الى الاوعية يكون بانتظام وبسرعة آخذة فى الازدياد وتكون هذه السرعة أعظم كلما اعتبرت نقطة قريبة من القلب بسبب أن القطاع الكلى للأوردة ينقص كلما قربت من القلب

ودفع الدم الموجود فى الاوعية الشعرية للموجود منه فى الأوردة بسبب مهم فى حركة الدم فى هذه الأخيرة وليس هو السبب الوحيد لان وضع الصمامات الوريدية له كيفية بها ما يحصل من الضغط الخارجى يغلق هذه الصمامات ويدفع الدم نحو القلب والعضلات تضغط الأوردة ضغطا مستقطعا فتعطى الدم قوة دافعة فضلا عن أن عود الأذين الى حجمه الاصلى بين الدياستول يزيد سعته فيحدث مصا فبا اجتماع هذه الاسباب يصل الدم الى الأذين ثم تتجدد جميع الظواهر التى ذكرناها وما يحصل فى دورة هو عين ما يحصل فى الأخرى

المطلب الثالث

ما يتعلق بالأجسام الغازية

خواص الغازات

١١٠ - قابلية الغازات للانضغاط ومرتونها - الغازات كالسوائل ممتزة بكثرة حركة جزيئاتها وهى قابلة للانضغاط مرنة وقابليتها للانضغاط عظيمة جدا فحجم الغاز المضغوط بضغط جو واحد يصير الى النصف أما السوائل فقابليتها للضغط قليلة فالحجم من السائل اذا ضغط بضغط جو واحد كان مقدار نقصانه عبارة عن كسر ٠.٠٠٠٠٤٨ من حجمه وتحقق قابلية ضغط الغازات ومرتونها بادخال كيسة من غاز كالهواء فى اسطوانة مغلقة أحد أطرافها يمر فيها مكبس يضغط فيشاهد نقصان حجم الغاز بتوغل المكبس فى هذه الاسطوانة ويزوال الضغط الواقع على المكبس يتقهقر الى أن يصير فى مكانه الاول بسبب مرونة الغاز

١١١ - قابلية الغاز للانتشار - تتميز الغازات عن السوائل بقابليتها للانتشار وهي قابلية بها تيل كتلة الغاز الى أن تشغل ما يعرض لها من المسافات مهما كانت سعته وتحقيق ذلك بطريقة سهلة تستعمل (اوتو) و (جريك) مثانة حبس فيها شيء من الهواء توضع تحت ناقوس الآلة المفرغة فيعمل الفراغ تنتفخ المثانة شيئاً فشيئاً وبإدخال الهواء تحت الناقوس تهبط وترجع الى شكلها الأصلي

وهذه التجربة تدل على وجود نفور دائم بين جزيئات الغازات وبهذا النفور تضغط على جدار الاواني التي فيها وهذا الضغط يسمى قوة مرونة الغازات

١١٢ - تكون الغازات - المشابهات المختلفة الكثافة بين السوائل والغازات تؤدي الى اعتبار الغازات مكونة من جزيئات منفصل بعضها عن بعض تامة الحركة هزينة كروية الشكل متوزعة بانتظام ومنقادة لقوى الجذب والنفور وشدة هاتين القوتين تتغير بحسب المسافات بين الجزيئات

١١٣ - تطبيق قاعدة بسكال على الغازات - تنطبق هذه القاعدة على الغازات كأنطباقها على السوائل فان التسكين الجزيئي لهما واحد

فاذا حصل ضغط في كتلة غازية في حالة موازنة فإنه ينتقل الى جميع الاتجاهات ويكون واحداً في السطوح المتساوية ويكون في المختلفة متناسباً مع مسطحاتها والضغط الحاصل على جزء مستوي يكون عمودياً على هذا الجزء وغير متعلق باتجاه الضغط وهذا هو عين ما قررناه في السوائل

١١٤ - وزن الغازات - للغازات وزن يستدل عليه بطريقة سهلة هي أن يعلق في احدى كفتي ميزان دورق عمل فيه الفراغ ثم يوضع له في الكفة الثانية عدل تحصل به موازنة عاتق الميزان فاذا أدخل في الدورق غاز كالهواء اختلت هذه الموازنة ولا تعود الا بوضع صنج تعادل وزن الهواء في كفة الميزان التي وضع فيها العدل وبعمل هذه التجربة مع الهواء واجراء التعديلات التي تتعلق بالحرارة يتبين أن المتر الواحد من الهواء يزن على درجة صفر وضغط ٧٦٠ ملميمتر ١,٢٩٣ جم

١١٥ - ضغط الغازات - بتطبيق البراهين التي استعملت في السوائل على الغازات يتوصل الى هاتين النتيجةين

- (١) الضغط في الغازات التي في حالة توازن الحاصل في نقط في مستواقي واحد يكون واحداً
- (٢) كل جزء افقي من كتلة غازية يحمل ضغطاً هو وزن العمود الغازي الذي يعلوه

وبناء على ذلك فكل نقطة من سطح الارض تكون مضغوطة بضغط هو وزن عمود الهواء الذي في أعلاها

١١٦ - الوزن النوعي للغازات - علمنا أن للغازات ثقلا ولكن قوة انتشارها الناتجة عن تنافر الجزيئات تقاوم الى حد معين تاثير التشاقل فيها فيقف تقارب جزيئات الغازات بعضها من بعض متى صارت قوة النفور موازنة للضغط الحاصل عن التشاقل وقوة النفور تزداد كلما صغرت المسافة بين الجزيئات والحرارة تزيد في قوى النفور الجزيئية والضغط الخارجية تقرب الجزيئات بعضها من بعض أى انها تعمل عمل التشاقل فينتج من ذلك أن الوزن النوعي للغازات يختلف اختلافا عظيما باختلاف الحرارة والضغط فينقص نقصانا يسا بزيادة الحرارة ويزداد كثيرا بزيادة الضغط الخارجى ولذلك كان من الضروري تعديل الوزن النوعي للغازات الى درجة حرارة وضغط معينين وقد جرت العادة برد الوزن النوعي الى ما يكون عليه في درجة الجليد الآخذ في الاصطهار والضغط المعتاد الذى هو ٧٦ سنتيمتر من الزئبق ولا يختلف الطريقة المستعملة لتعيين الوزن النوعي للغازات عن المستعملة لتعيين الوزن النوعي للسوائل اختلافا كبيرا لكانت كثافة الغازات صغيرة جدا استعمل لتعيينها كميات عظيمة من المادة ولذلك يؤخذ ورق من زجاج متسع ويوزن بعد عمل الفراغ فيه ثم يملأ بالغاز ثم بالماء المقطروفي كل وزن تعين درجة الحرارة التى حصل عليها الوزن في هذه الاوزان فيستدل بذلك على الثقل و للغاز وعلى الثقل و حجم من الماء مساو لحجم الغاز الموزون أى يستدل على حجم الغاز ح ومن معرفة الثقل و والحجم ح يستدل على الكثافة لـ لهذا الغاز باستخراجها من المعادلة $و = ح لـ$ ثم تعدل هذه الكثافة المتحصلة على درجة الحرارة والضغط الخارجيين الى ما تكون عليه في درجة الصفر والضغط المعتاد وذلك بمعادلات نذكرها عند دراسة الحرارة وبتعيين كثافة الهواء هكذا يتبين أن كثافة هذا الغاز بالنسبة للماء هي ٠.٠١٢٩٣ ومنها يستنتج ان اللتر الواحد من الهواء على درجة الصفر والضغط المعتاد يزن ١.٢٩٣ جم

ولسهولة مقارنة الاوزان النوعية ببعضها بعض تعين كثافة الغازات بالنسبة لكثافة أحدها ماخوذة وحدة وقد جرت العادة بجعل كثافة الهواء هذه وحدة لكثافة الغازات الاخر وقد اشار العالم الكيمائى (ورتس) بجعل كثافة الايدروجين هي الوحدة وفي ذلك هزيتان الاولى ان كثافة الغاز مضروبة في ٢ تصير وزن جزيئته الثانية عدم تغير هذه الكثافة لان الايدروجين جسم بسيط تركيبه غير قابل للتغير وأما الهواء فلكونه مخلوطا كان تركيبه قابلا

للتغير

للتغير ولهذا كانت كثافته كذلك ومن ثم يتغير الوزن النوعي المقارن بها وهالك جدولاً يشتمل على كثافة بعض الغازات والابخرة بالنسبة للهواء وكثافتها بالنسبة للأيديروجين ووزن جزئها

كثافة بالنسبة للهواء واحد	كثافة بالنسبة للأيديروجين واحد	الوزن الجزيئي
أوكسيجين	١٠٥٦	٣٢
أيديروجين	٠,٠٦٦٢٦	٢
ازوت	٠,٩٧١٤	٢٨
زئبق	٦,٩٧٦	٢٠٠
حمض كلور أيديريك	١,٢٧٨	٣٦,٥
فوسفور	٤,٥	١٢٤
زرنخ	١٠,٢٠	٣٠٠

١١٧ - ما يفقده الجسم المغمور في الهواء من وزنه - علمنا أن الأجسام المغمورة في سائل تفقد من وزنها بقدر وزن ما تزيغه من هذا السائل وقاعدة (ارشميدس) هذه تنطبق أيضاً على الغازات لأنها أيضاً بسبب ما في جزئياتها من الحركة التامة تنقل كالسوائل الضغط إلى جميع الاتجاهات على التساوى ولذا كان كل جسم غمر في غاز كالهواء يفقد من وزنه بقدر وزن ما أزاغه من هذا الغاز لأن الضغط الحاصل على السطح السفلي لهذا الجسم يزيد عن الحاصل على السطح العلوي له بقدر وزن عمود من غاز ارتفاعه المسافة الرأسية بين السطحين (راجع قاعدة ارشميدس)

ويتحقق ذلك علمنا بأن يعلق في طرفي عاتق كعائق الميزان كرتان أحدهما معلقة والآخرى مصمتة مختلفتي الحجم قريبتى الوزن والمصمتة معلقة في لبوس يتحرك على العاتق فتوضع الكرة الثانية على بعد من نقطة تعليق العاتق بحيث تكون الكرة الصغيرة موازنة للكبيرة فيكون العاتق بذلك أفقياً متى كان في الهواء فإذا وضع هكذا تحت ناقوس الآلة المفرغة فإن الموازنة تحتل بتخلخل الهواء فيميل العاتق شيئاً فشيئاً إلى أسفل من جهة الكرة الكبيرة ويصير العاتق أفقياً بدخول الهواء وما ذلك إلا لكون قوة الدفع من أسفل لأعلى عظيمة في الكرة الشاغلة لحجم كبير صغيرة في الأخرى وحيث إن الموازنة كانت موجودة بوجود قوتى دفع مختلفتين فبرزوا الهما تزل الموازنة الحاصلة معهما فيسقط العاتق نحو الكرة التي فقدت قوة

دفع أكثر وهي الكبرى ولذلك لا يحصل بوزن جسم في الهواء على الحقيقة بل على وزنه الظاهر وللحصول على وزنه الحقيقي يلزم أن يضاف إلى الوزن الأول وزن حجم الهواء الذي أزاغته الجسم وزد على ذلك أنه يلزم احتساب ما يفقده وزن الصنج المستعملة بسبب ما تريغته من الهواء وفي غالب الأحوال لا تفعل هذه التعديلات خصوصاً إذا كان الجسم الموزون صلباً لأن كثافة الهواء صغيرة بالنسبة لكثافة الجوامد والسوائل فيكون ما تفقده من وزنها بسبب ما أزاغته من الهواء قليلاً لا يساوي النظر إليه أما إذا كان الجسم الموزون قليل الكثافة كبير الحجم فإن تعديل وزنه يصير أمراً لازماً ولعمل هذا التعديل نفرض أن W وزن الجسم الحقيقي أي وزنه في الفراغ و D كثافته على درجة الحرارة والضغط الحاصل فيه وقت العمل فوزن الجسم في الهواء يكون وزنه الحقيقي ناقص وزن حجم من الهواء مساو لحجمه أي يكون

$$W = W_0 - \frac{W_0}{D} \quad (D \text{ كثافة الهواء})$$

وإذا كان وزن الصنج الحقيقي أي وزنه في الفراغ V وهو المرقوم عليها وكثافة المادة المصنوعة منها M فوزنها في الهواء V_0 هو وزنها الحقيقي ناقص وزن حجم من الهواء يساوي حجمها أي أن

$$V_0 = V - \frac{V}{M}$$

وحيث أن ثقل هذه الصنج في الهواء يعادل ثقل الجسم في الهواء أيضاً فيكون

$$W = \frac{W_0}{D} = V - \frac{V}{M}$$

ومنها

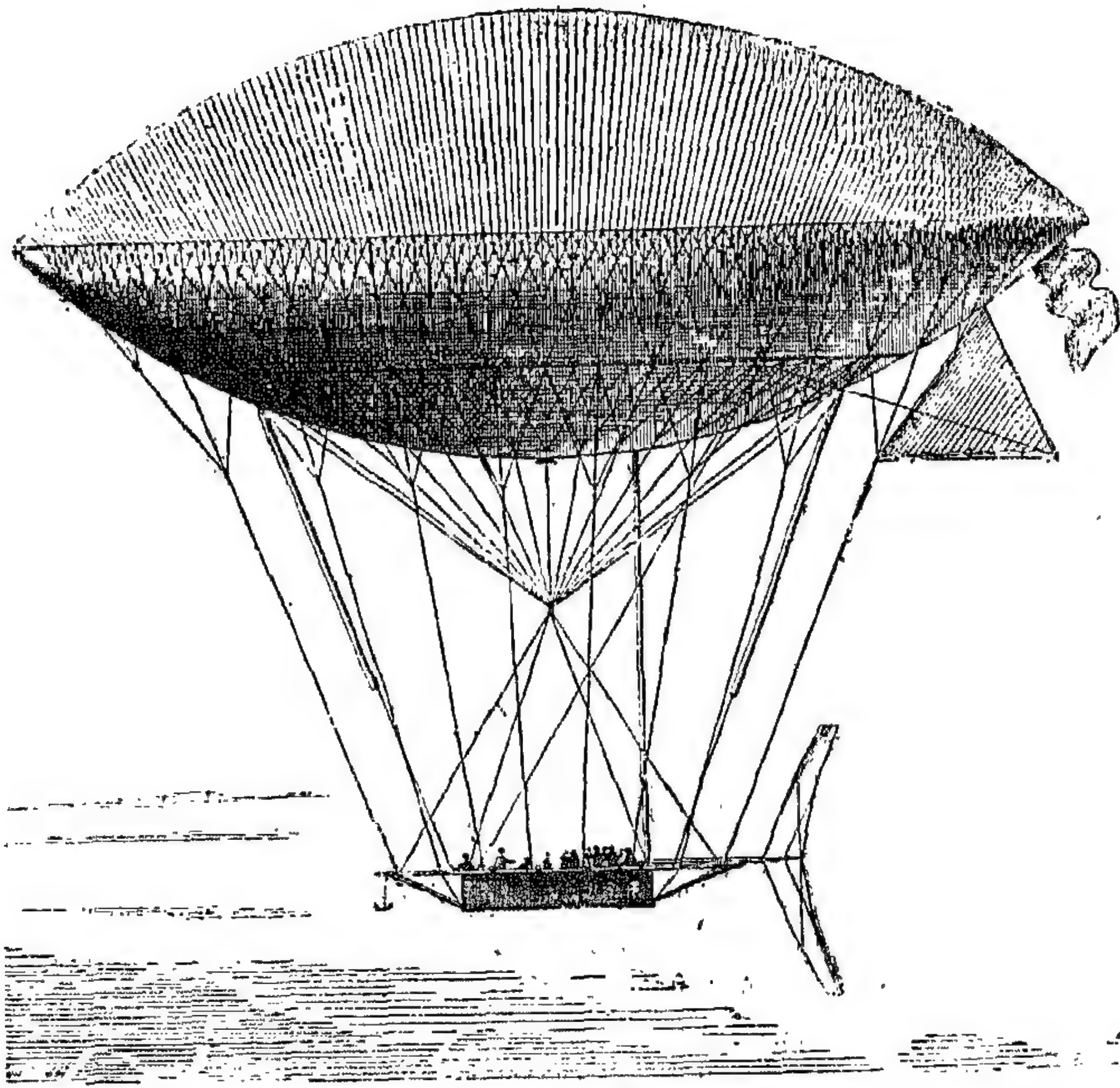
$$W = \left(\frac{D}{M} - 1 \right) V$$

ومنها

$$W = \frac{D(M - 1)}{M} V$$

١١٨ - القباب الطائرة - هي أحدث تطبيقات قاعدة (ارشميدس) على الهواء فهي كرات من انسجة خفيفة لا تسمح للغازات بالمرور منها مملوءة بالهواء الحار أو الأيديروحين أو غاز آخر أخف من الهواء بحيث يصير وزنها أخف من وزن حجم مساو لها من الهواء فتترفع فيه وتسبح وقد تغير شكل القباب الطائرة بمرور الأزمان وأول من اقترح طريقة علمية لا كساب القباب الطائرة سرعة مقصودة هو (جيفار) بتجربتين فعلهما وذلك أنه استعمل

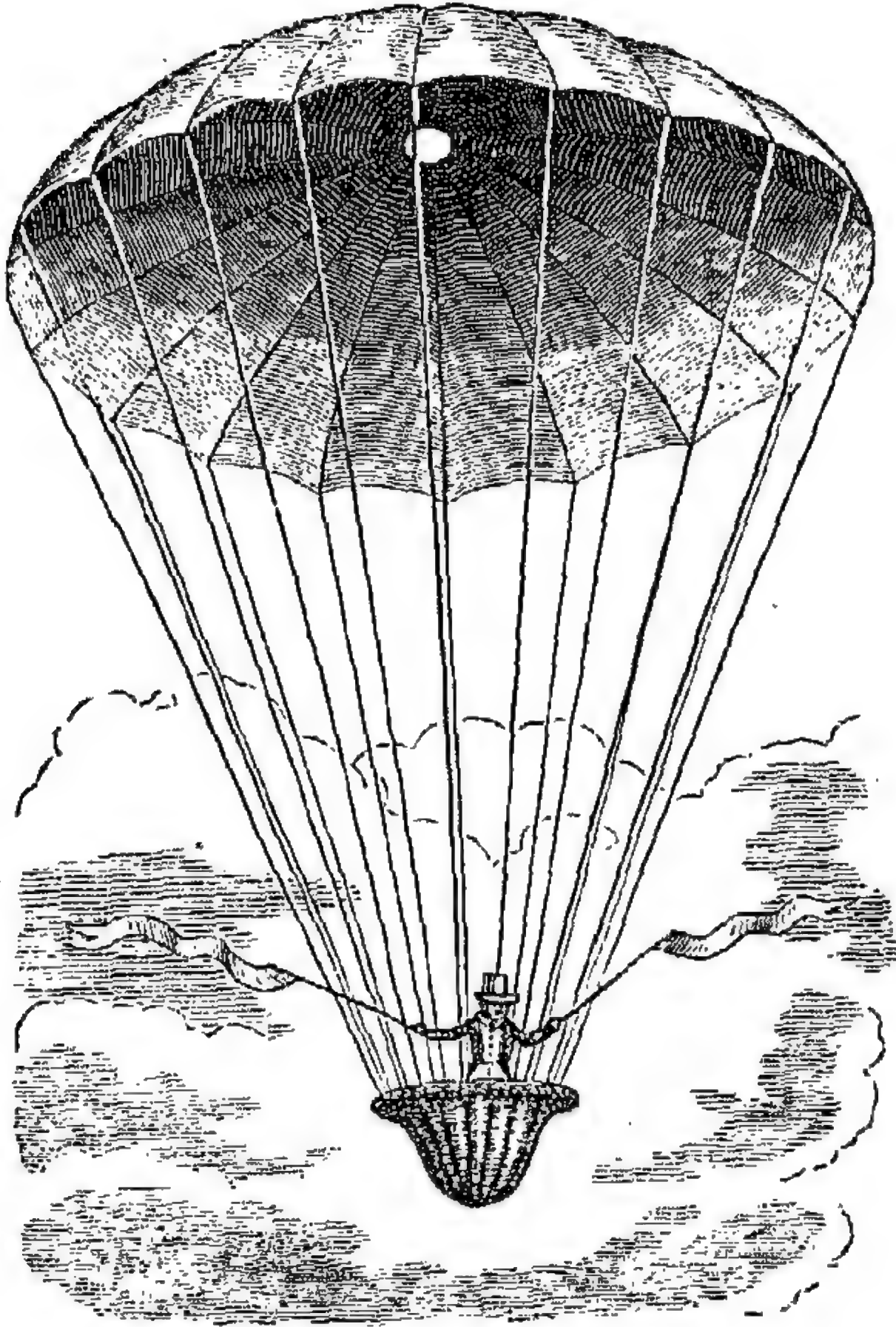
حلزونيّات تتحرك بالبخار لتسير بها القباب (وشكل ٦٣) هو القبة التي جُهِزَها (دبوي دلوم) اجابة لطلب الحكومة الوطنية الفرنسية سنة ١٨٧٠ للسيّاحة بها في الهواء ولكنهم لم يجربوا الا سنة ١٨٧٢ وهي تتحرك بحلزونيّات مسلطة على فروع لها أجنحة من نوع من القماش تحركها رجال فتكتسب بذلك حركة مقدارها ٢,٥ متر في الثانية وقد وضع لها دفعة من القماش لتوجه بها في الاتجاه المطلوب وأكسبها شكلا مستطيلا يسهل حركتها في الهواء وزيادة على ذلك فإنه وضع في داخلها قبة أصغر منها بعشر مرات يمكن ملؤها بالهواء إذا اريد وذلك لتبقى القبة دائماً على شكلها ولو تغير ضغط الهواء في الصعود والهبوط لأنه رأى ثبات الشكل ضروريا لموازنة القبة



ش ٦٣

١١٩ - مانعة السقوط - المولعون بالسيّاحة في الهواء يتخذون معهم من باب الاحتياط جهازا كان لا اختراعه رنة هو مانعة السقوط وهو جهاز يبدل اسمه على المقصود منه وهو عبارة عن قاش مستدير متسع مثقوب من الوسط يشبه شمسية متسعة (شكل ٦٤) في دائره أحبل يعلق فيها مقعد المسافر في القبة الطائرة وتعلق مانعة السقوط أيضا وهي مغلقة في القبة الطائرة بحبال بحيث يكون المقعد مرتبطاً بمانعة السقوط وبالقبة الطائرة

فإذا أراد المسافر السقوط لسبب من الأسباب كأنه جاز في القبة الطائرة قطع الحبال الرابطة



للمقعد بالقبة الطائرة والحبال الرابطة
لمناعة السقوط بالقبة أيضا فتسقط المانعة
مع المقعد بسرعة معجلة أولا ولكن مقاومة
الهواء لسقوطها تفتحها فتقل سرعة
السقوط كثيرا فيكون نزول المسافر هينا
لا يصدم الأرض بشدة وما تحده مانعة
السقوط من تقليل سرعة الهبوط عظيم
جدا فان (سيقل) قطع بمانعة السقوط
ارتفاع قدره ١٨٠٠ متر في ٤٥ دقيقة
ولو هبط من غير مانعة السقوط لقطع هذه
المسافة في ١٩ دقيقة وما ذلك الا لمقاومة
الهواء لمناعة السقوط

ش ٦٤

أما الثقب الموجود في وسط مانعة السقوط

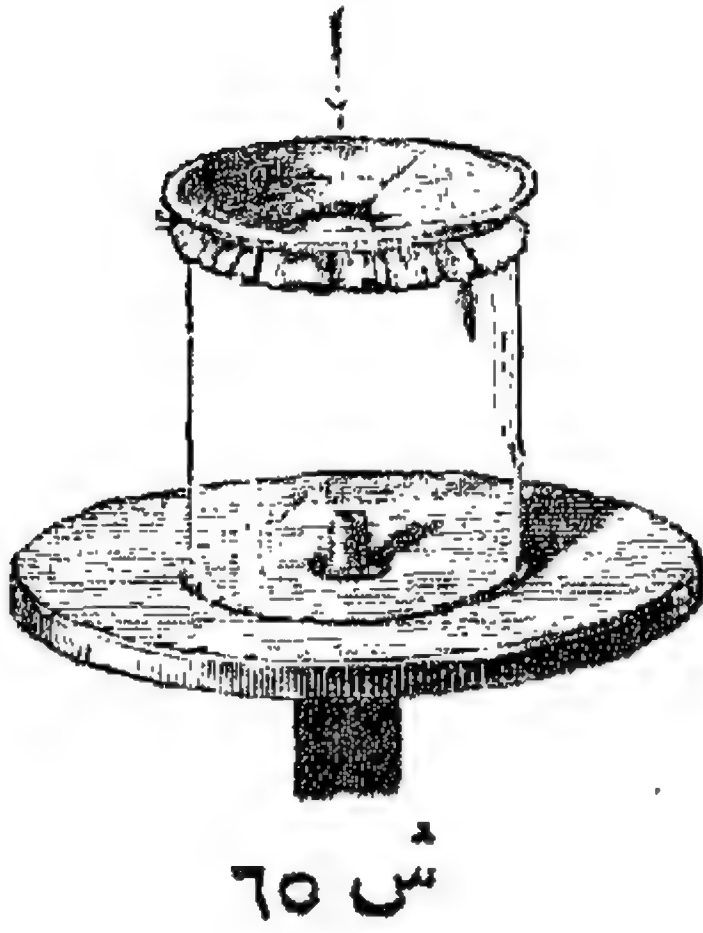
فهو لير الهواء المضغوط منه ولولا ملتر من أسفل فيحدث فيها حركات تذبذبية تعبر راكبها فضلا
عن كونها خطيرة مخيفة

١٣٠ - الهواء الجوي وضغطه - الهواء الجوي هو الكتلة الغازية المحيطة بالكرة
الأرضية وهو كسائر الغازات ذو وزن واذا تصورنا أنه مقسوم الى طبقات افقية فبالضرورة
كل طبقة تحمل وزن ما فوقها فتكون كل طبقة ضاغطة على ما دونها وحيث ان هذا الضغط
ينقص من أسفل الى أعلى بنقصان عدد الطبقات فيكون الهواء الجوي أكثر تخلاخلا كلما ارتفع
في الجو

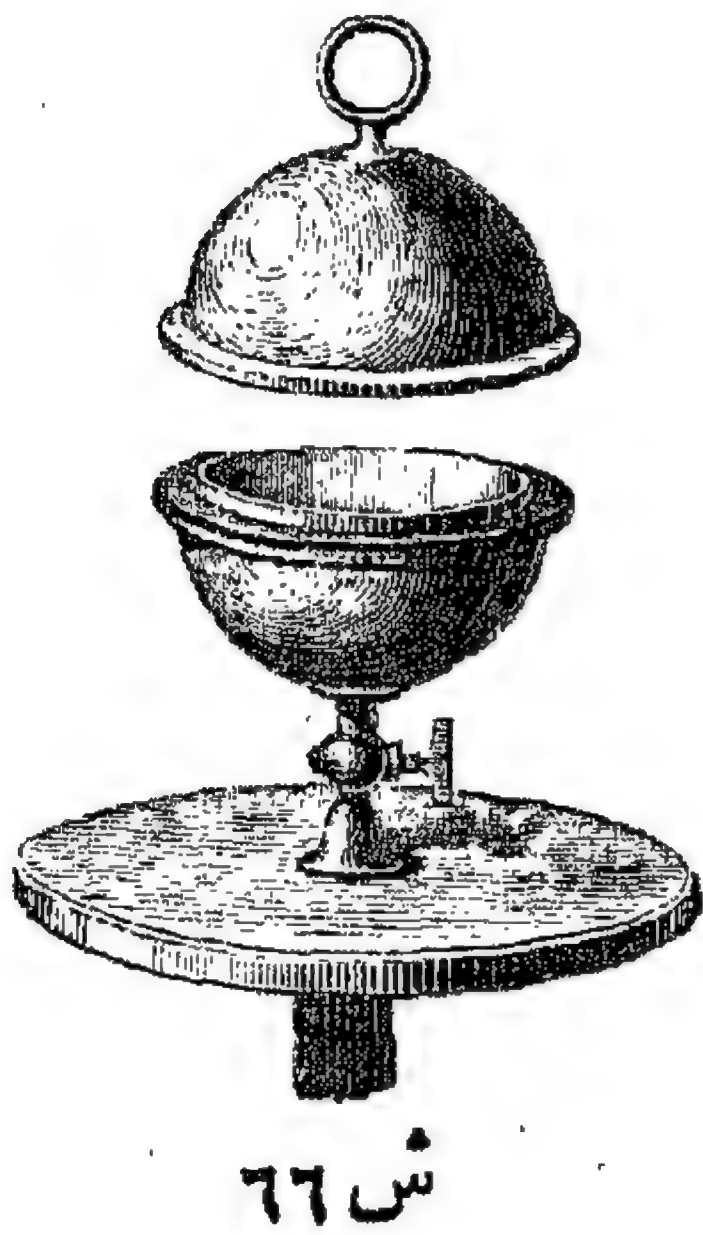
ومع وجود قوة انتشار في الهواء كما في الغازات فان جزيئات الهواء لا تباعد وتتشر لا الى
نهاية في المسافة الفلكية لان قوة الانتشار والنفور بين الجزيئات تنقص بازدياد المسافة بين
الجزيئات وتنقص أيضا بانخفاض الحرارة وهذه الثانية آخذة في الانخفاض من سطح
الأرض الى المسافات الفلكية فدرجة الحرارة في المسافات الفلكية تبلغ ١٨٠ - وعلى
ذلك لا بد أن يكون للهواء الجوي حد في الارتفاع وهو حد تكون فيه قوة انتشار الجزيئات
نحو المسافات الفلكية موازنة لتأثير التثاقل الجاذب لها نحو مركز الأرض

وقد قدر ارتفاع الجو بحسب وزنه وتناقص كثافته وبعض ظواهر اخر بين ٣٢٠ كيلومتر و ٣٤٠ كيلومتر وبعد ذلك يكون الفراغ التام وحيث علم ان اللتر الواحد وزن ١,٢٩٣ جم فاذا اعتبرنا كتلة الهواء المحيطة بسطح الارض كان الضغط الواقع منها على هذا السطح عظيما ويثبت هذا الضغط بهذه التجارب

١٢١ - ثاقب المئانة ونصفا كرة (مجدبيورج) - ثاقب المئانة هو اسطوانة من زجاج أغلق أحد طرفيها بغشاء من البودريش اغلاقا جيدا والطرف الآخر حافظه مصغرة منتظمة فتوضع هذه الاسطوانة على قرص الآلة المفرغة (شكل ٦٥) بعد تضييق حافة الطرف المفتوح بالشحم حتى تلتصق هذه الحافة بقرص الآلة فتتمنع المواصله بين باطن الاسطوانة وخارجها فتى ابتدأ حصول الفراغ في هذه الاسطوانة فان الغشاء ينبعج بتأثير ضغط الهواء فيه ثم ينفجر بفرقة شديدة تحصل من دخول الهواء فجأة



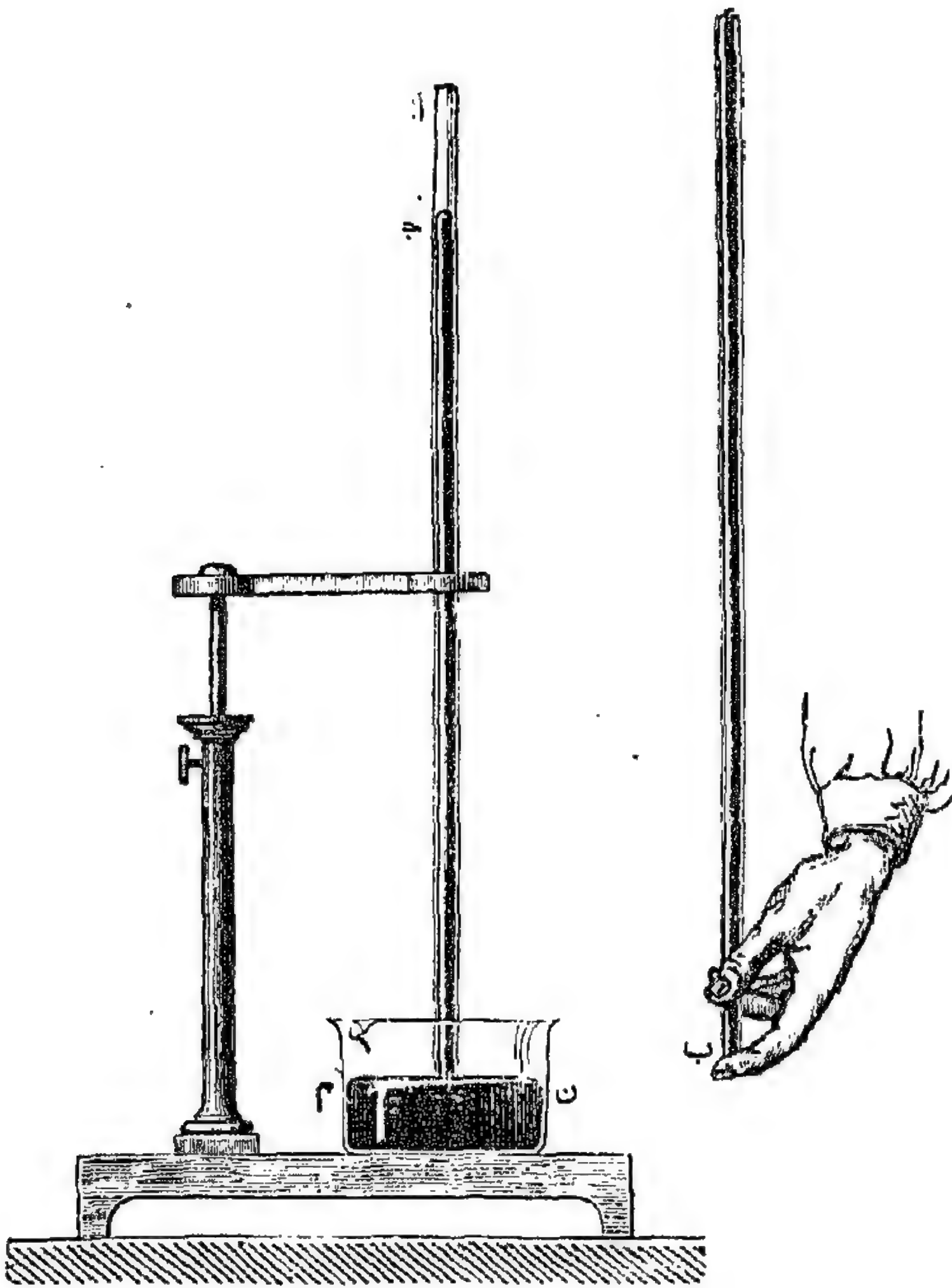
ونصفا كرة مجدبيورج (١) هما نصفا كرة مجوّفة من النحاس (شكل ٦٦) قطرها بين ١٠ و ١٢ سنتيمتر على حافة كل واحدة منهما دائرة من الجلد منسداة بالشحم ليستقر الفراغ فيها متى فعل ولا أحد النصفين حنفيه يمكن تركيبها على الآلة المفرغة وللاخر حلقة بها يمكن جذب أحد النصفين عن الآخر بفصلهما فتى كان النصفان مملوءين بالهواء فان فصل أحدهما عن الآخر يكون سهلا لموازنة قوة انتشار الهواء داخلهما القوة انتشاره خارجهما ومتى عمل الفراغ كان فصلهما لا يحصل إلا بمجهود عظيم



١٢٢ - تجربة (تورشيلي) - قد أثبت (تورشيلي) تليد (جليايمه) هذا الضغط بطريقة بدعيّة سلكها سنة ١٦٤٣ بان ملاء الزئبق أنبوبة من زجاج أب (شكل ٦٧)

طولها متر مسدودة الطرف ا وبعد أن سد طرفها الثاني ب بالابهام نكسها وجعل

الطرف المسدود بالابهام الى أسفل
ونغمه في حوض محتو على الزئبق
فبعد أن أبعد الاصبع رأى
انخفاض الزئبق الى أن صار
ارتفاعه أعلى من سطح الزئبق من
الذي في الحوض بقدر ٧٦ سنتيمتر
تقريبا وبعد ذلك استمر هذا
الارتفاع بلا تغير وارتفاع الزئبق
في الأنبوبة انما هو لضغط الهواء
على سطح الزئبق في الحوض اذ لو
كان هذا الضغط معدوما لكان
سطح الزئبق داخل الأنبوبة
وخارجها واحدا كما تقتضيه
قاعدة موازنة السوائل في الاواني
المتواصلة



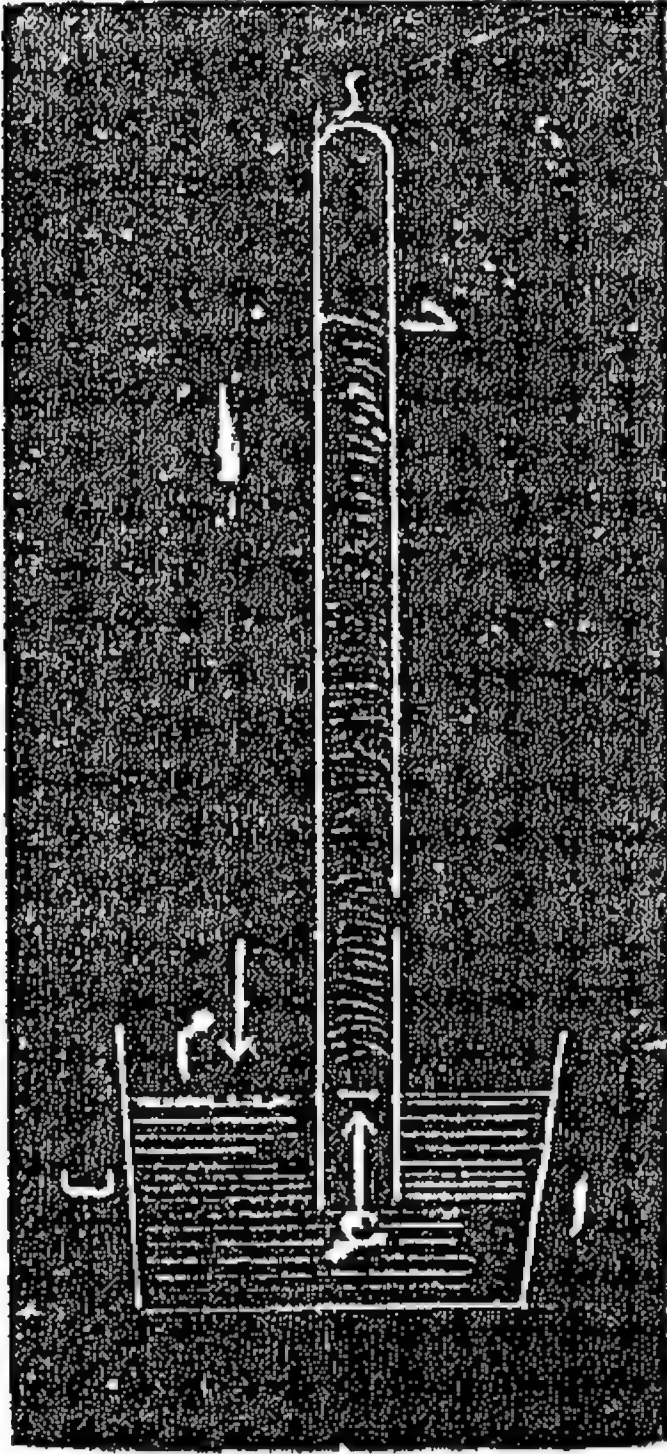
ش ٦٧

١٣٣ - تجارب (بسكال) و (بريه) - قد حقق بسكال تجربة (تورشلي) سنة ١٦٤٦
باستعمال أنابيب مختلفة القطر والطول ملئت بسوائل مختلفة وظهر أن ارتفاع السوائل
في الانابيب على العكس من كثافة السوائل فاذا كان ارتفاع الزئبق في الأنبوبة ٧٦ سم متر
فان ارتفاع الماء يكون ١٣,٥٩ × ٧٦

وحقق أيضا أن قطر الأنبوبة وشكلها وميلها ليس لها تأثير في الارتفاع العمودي للسوائل
في الانابيب

ولما كان من رآيه أن ارتفاع السوائل في هذه الانابيب هو بسبب ضغط الهواء على سطح
السائل خارجها ولذا يقل ارتفاع هذه السوائل في الانابيب كلما ارتفعت الاجهزة في الجو
أشار على (بريه) بإعادة تجربة (تورشلي) في قمة جبل (بوي دودوم) فأعادها سنة ١٦٤٨
حين عمل التجربة عينا في أسفل الجبل في مدينة (كليرمون) وهي منخفضة عن الجبل بقدر
٩٧٥ متر فكان ارتفاع الزئبق في الأنبوبة في أعلى الجبل أقل من ارتفاعه في المدينة بقدر
٨٤ ملليمتر وهو فرق لا يمكن نسبته الا لفرق في ضغط الهواء الجوي

١٣٤ - قياس ضغط الهواء - يقاس ضغط الهواء بان يقارن هذا الضغط بضغط سائل متفق عليه هو الزئبق في تجربة (تورشلي) رأينا أن الزئبق ارتفع في الأنبوبة بسبب ضغط الهواء الى ٧٦ سم. متر فضغط هذا العمود الزئبق مساو لضغط الهواء لانه لو رجعنا الى هذه التجربة وأخذنا في سطح الزئبق اب (شكل ٦٨) سطحين متساويين (نحو سنتيمتر مربع) أحدهما ع في داخل الأنبوبة والاخر م خارجها وكان



في مستو أفقي واحد فلا بد أن يكون الضغط الواقع عليهما واحدا اذ بدون ذلك لا تحصل الموازنة والضغط الحاصل على السطح م هو ضغط الهواء الجوي والحاصل على السطح ع هو ضغط عمود الزئبق الذي يعالو هذا السطح وحينئذ فوزن هذا العمود يعادل ضغط الهواء الجوي وهو حينئذ قياس له فاذا رمزنا بالحرف ض الى ضغط الهواء الحاصل على وحدة السطح (قدر سنتيمتر مربع مثلاً) فقيمه مقداراً بالجرام تؤخذ من هذه المعادلة

$$ض = ١ \times ع \times ك$$

ش ٦٨

ع رمز لارتفاع الزئبق في الأنبوبة وك رمز لكثافته لان

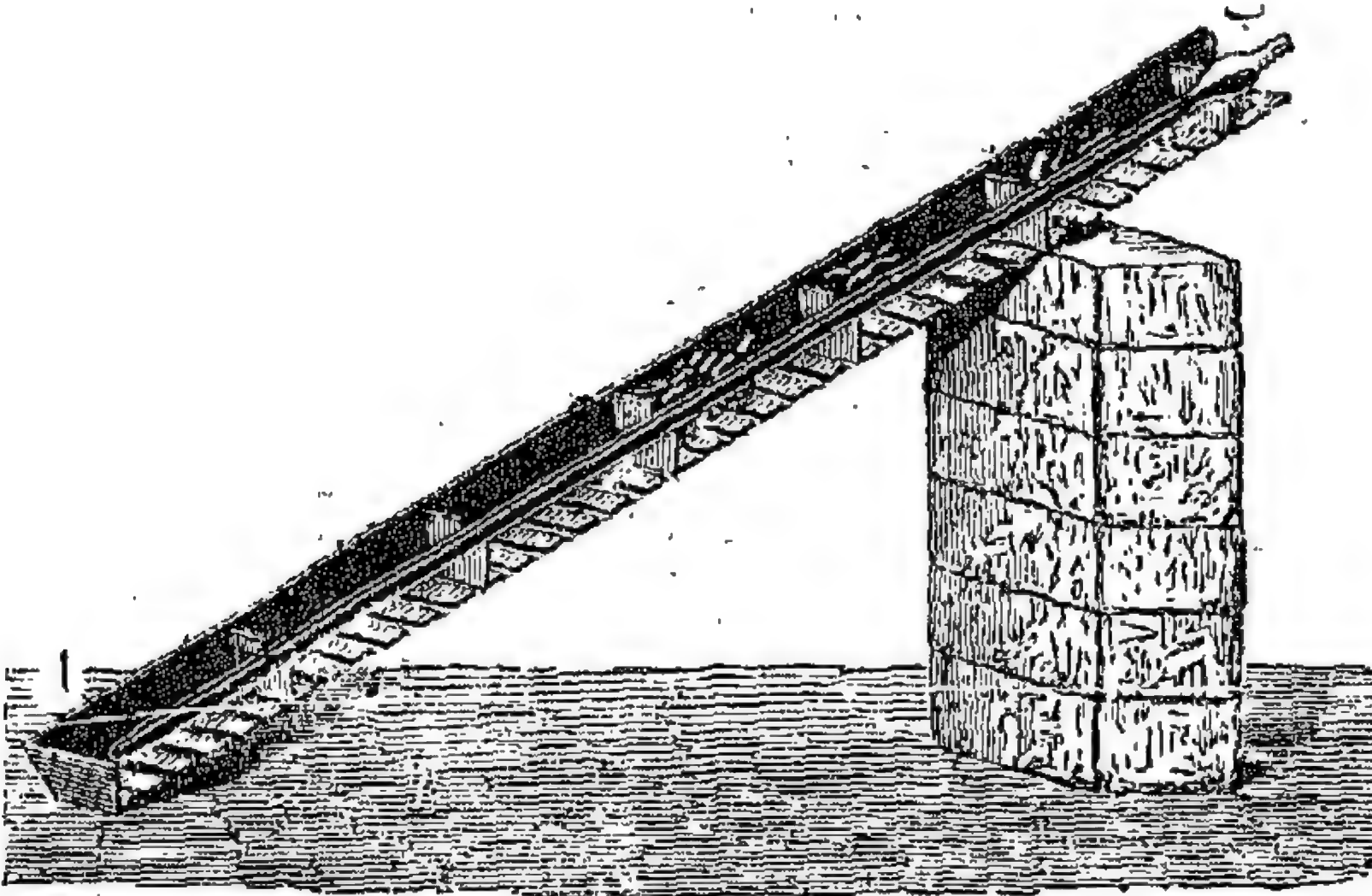
ما يعادل ضغط الهواء على هذا السطح هو وزن عمود الزئبق المرتفع في الأنبوبة وقاعدته مساوية للسطح المضغوط ووزن هذا العمود هو حاصل ضرب حجمه (ع × ك) في كثافته ك فاذا فرضنا الارتفاع ع مساوياً ٧٦ سم (وهو الارتفاع المعتاد) كان الضغط الجوي هو عبارة عن ٧٦ × ١٣,٥٩ لان السنتيمتر المكعب من هذا الاخير وزن ١٣,٥٩ جم أى كان الضغط ١٠٣٣ جم أو ١,٠٣٣ كيلوجرام وبهذا السبب يكون الضغط الجوي الحاصل على متر مربع مساوياً ١٠٣٣٠ كيلوجرام والحاصل على السطح س معبر عنه بالمتر يساوى ١٠٣٣٠ × س كيلوجرام ولكون الضغط ض متناسباً دائماً مع الارتفاع ع جرت العادة بالدلالة على الضغط الجوي بارتفاع عمود الزئبق فاذا قيل ان الضغط الجوي يساوى ٧٥ سنتيمتر مثلاً كان معنى ذلك أن الضغط الحاصل على سطح مهسما كانت سعته يساوى وزن عمود من الزئبق مساو له في السطح وارتفاعه ٧٥ سنتيمتر

١٣٥ - الضغط الحاصل على جسم الانسان - الضغط الاعتيادى للهواء على شاطئ البحر هو ٧٦ سنتيمتر من الزئبق وعلى ذلك فقيمة هذا الضغط الواقع على كل سنتيمتر مربع

من جسم الانسان مقدرة بالجرام تساوى ١٠٣٣ جراما وحيث ان مسطح جسم الانسان المتوسط القامة والعود هو متر مربع ونصف فقيمة الضغط الجوى الحاصل عليه تساوى ١٥٥٠٠ كيلو جرام ويخيل الينا أن ضغطا عظيما كهذا لا يتحملة الجسم وأن هذا الضغط يشدخه ومع ذلك فالجسم يقاومه بضد الفعل الحاصل من السوائل والغازات الموجودة فى البنية فاعضاء البنية ماضية فى حركتها لا تتعوق بتأثير هذا الضغط لانه يخصص فى جميع الاتجاهات فتكون هذه الاعضاء منضغطة فى جميع الاتجاهات بضغوط متساوية متضادة يعادل بعضها بعضا ومن شان ضغط الهواء على الجسم تثبيته لا تعويقه ولذلك ترى الانسان يحس بمل فى الايام التى يكون فيها ضغط الهواء ضعيفا

١٢٦ - البارومتر وأنواعه - الآلة المستعملة لقياس الضغط الجوى تسمى بارومتر وهو أنواع

البارومتر ذو الطست - هو جهاز (تورشلى) موضوع بكيفية بها يمكن قياس الضغط فى أى وقت من أوقات اليوم ولتكون الدلالات المأخوذة من البارومتر حقيقية يلزم أن يكون الجزء العلوى من الأنبوبة ويسمى الخزانة البارومترية أ ح من الشكل المتقدم ٦٧ خاليا عن كل غاز وبخار لان وجود شىء فيها يحدث انخفاض العمود الزئبقى بشدة مروته ولهذا الغرض تؤخذ أنبوبة من زجاج طولها ٨٥ سنتيمتر تقرىباً متسعة بقدر الامكان كي تكون الظواهر الشعرية قليلة الوضوح فيها ثم يسد أحد طرفيها ويلحم بالطرف الآخر كرة ثم تملأ هذه الكرة



ش ٦٩

بالزئبق النقى ثم توضع على مصبع من شبكة معدنية موضوعة بالميسل كما فى (شكل ٦٩) ويوضع على هذا المصبع جسر متقد بحيث يغلى جميع أجزاء العمود الزئبقى على التعاقب من أعلى الى أسفل وبهذه

الواسطة تطرد الرطوبة والفقاعات الهوائية التى تكون فى الزئبق والتى تكون ملتصقة بجدران الأنبوبة ومتى ظهر سطح الزئبق لما عاينوا صلا من جميع أجزائه تترك الأنبوبة لتبرد ثم تفصل الكرة ب عن الأنبوبة حيث لم يبق لها عمل لان وضعها انما كان لمنع الزئبق عن

الخروج

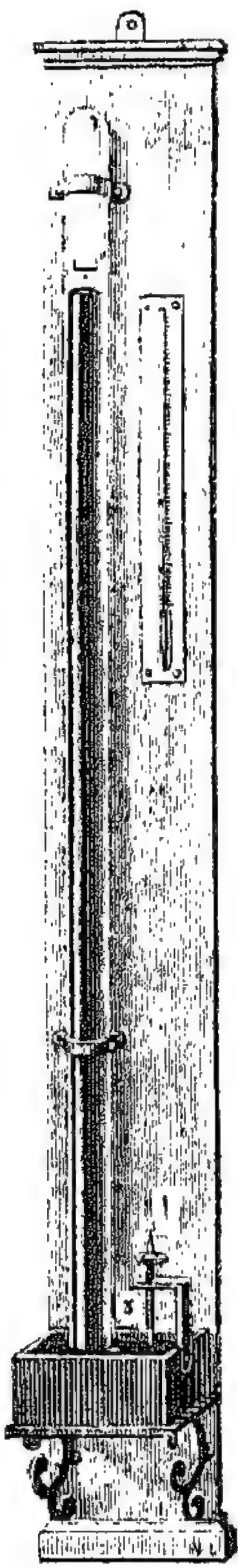
الخروج من الأنبوبة ثم يسد بالاصبع طرف الأنبوبة المفتوح وتنكس في الطست ويعلم أن الأنبوبة وما فيها من الزئبق تجردا عن الهواء والرطوبة بما التها فان كانت الخزانة البارومترية خالية عن الهواء والابخرة امتلأت بالزئبق امتلاء كلياً وسُمع للزئبق عند مصادمته اقامة الأنبوبة صوت جاف معدني

ولعرفة الضغط الجوي بهذا الجهاز في المنازل يوضع على قائمة من خشب مدرجة بالمليمتر والسنتيمتر بحيث يكون صفر التدريج في محاذاة سطح الزئبق في الطست ويؤخذ ارتفاع العمود الزئبق الدرجة التي يصل اليها قمة عمود الزئبق في الأنبوبة وفي هذه الحالة ارتفاع عمود الزئبق

في الطست مفروض ثابت لا يتغير مع أنه في الحقيقة يتغير باختلاف الضغط الجوي فبازدياد الضغط يرتفع سطح الزئبق في الأنبوبة فينخفض سطحه في الطست وبانخفاض الضغط ينخفض سطح الزئبق في الأنبوبة فيرتفع في الطست وبذلك يكون صفر التدريج يتغيرا يرتفع احيانا وينخفض أخرى ولذلك كانت الدلالات المأخوذة غير محكمة

وفي المعامل يستعمل البارومتر ذو الطست (شكل ٧٠) وهو لا يختلف عن الذي ذكرناه الا في كون الطست من الحديد الزهري باحد جوانبه قطعة منحنية على هيئة زاوية قائمة يمر فيها سمار برمة اه ينتهي كل طرف من طرفيه بقطعة مذبذبة من العاج وطول هذا السمار من الطرف المذبذب الى الآخر ثابت يعلم بقياسه مرة واحدة

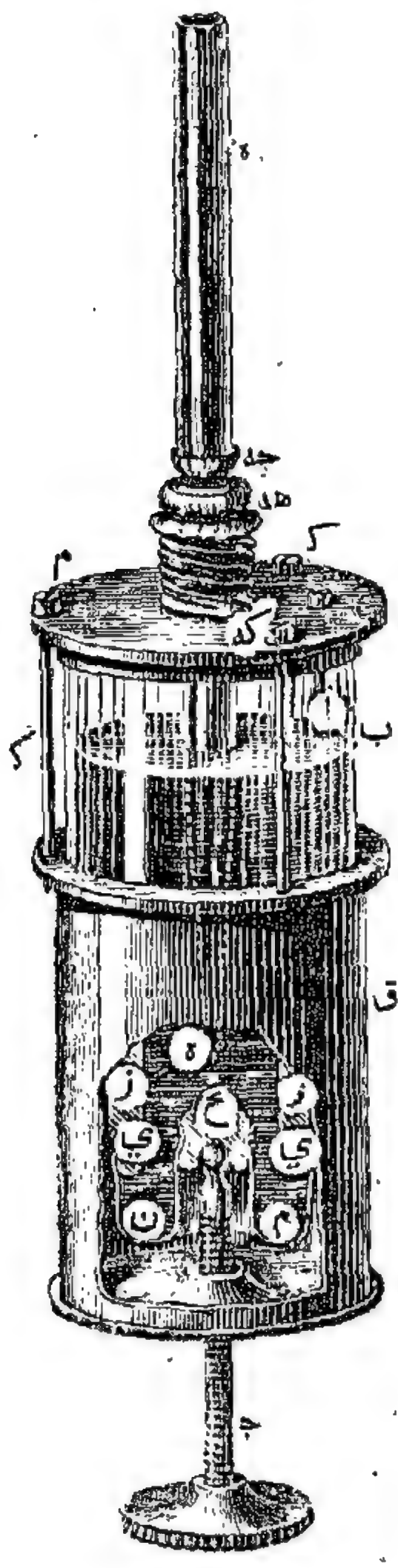
ولقياس ارتفاع الزئبق من هذا الجهاز يبدأ بتحريك السمار الى أن تصير قته السفلى ملاصقة لسطح الزئبق وهذا يكون متى رأى الصانع ان الطرف المذبذب السفلي للسمار في ملاصقة صورته المنعكسة في الزئبق وبعد ذلك يقاس الارتفاع بين الطرف العلوي ا للسمار وقعة العمود الزئبق في الأنبوبة بواسطة كتيومترو يضاف اليه طول السمار فيكون المجموع هو طول العمود الزئبق من سطح الزئبق في الطست الى قمة الزئبق في الأنبوبة



ش ٧٠

والكتيومترو آلة تتركب على الخصوص من مسطرة مدرجة توضع وضعا عموديا وعليها تنزلق نظارة يمكن معها رؤية سطح الزئبق والابرة من بعد وفي حالة انزلاق النظارة تكون في مستويات يوازي بعضها بعضا

١٣٧ - بارومتر (فورتن) - البارومتر المسمى بهذا الاسم نسبة لمخترعه هو بارومتر ذو طست ولكنه سهل النقل وبه يمكن عمل مشاهدات محكمة ويختلف عن البارومتر المتقدم الذكر بأن قاعدة طسته من جلد الاروى يرتفع وينخفض على حسب الارادة وبذلك يتأق جعل سطح الزئبق في الطست مقابلا لصفرة التدريج وهذا الطست مكون كما ترى من (شكل ٧١)



ش ٧١

من أسطوانة من زجاج ب قطرها ٤ سنتيمتر تقريبا وارتفاعها ٣ وجزؤها العلوى مغلق بقرص من خشب يعالوه غطاء من نحاس م ومن وسط هذا القرص والغطاء تمر الأنبوبة البارومترية ه ه وطرفها المنغمر في زئبق الطست مسحوب والانبوبة والطست منضم بعضهما الى بعض بجلد الاروى ج ه ه بواسطة رباطين شديدين أحدهما في ج ه مثبت في اختناق في الأنبوبة والاخر في ك ه مثبت في انبوبة من نحاس مثبتة في مركز الغطاء وهذا الارتباط كاف في منع خروج الزئبق من الطست عند انقلاب وضع البارومتر ولا يمنع ضغط الهواء الجوى عن الزئبق فان هذا يحصل من خلال مسام جلد الاروى على زئبق الطست

والجزء السفلى من الاسطوانة ب يلتصق باسطوانة من الخشب ز ز وعلى حافة هذه الاخيرة في ي ي مثبت جلد الاروى م ن المكون لقعر الطست وفي مركز هذا الجلد زر من الخشب ح يرتكز عليه مسمار برمة ح وهو الذى بادارته الى اليمين أو اليسار ينخفض أو يرتفع الزئج ومعها الجلد م ن فيرتفع أو ينخفض الزئبق فاذا أريد عمل

مشاهدة أدير المسمار الى أن يصير سطح الزئبق مماسا لجسم مذهب من العاج ا مثبت في قعر الغطاء ويعرف تماس سطح الزئبق مع هذا المسمار حين تكون ذبابة هذا الجزء مماسة لذبابة صورته المنعكسة على سطح الزئبق وجميع الجزء السفلى من الطست منغمس في غمد من النحاس ق وهذا الغمد من تبط بغطاء الطست بثلاثة مسامير ك ك ك

أما الأنبوبة البارومترية فمحافظة في غمد من نحاس لوقايتها وهو كما في (شكل ٧٢) الذى هو رسم البارومتر محكما مشقوق من جزئه العلوى وبه كوتان مستطيلتان متقابلتان منهما يرى الزئبق في الأنبوبة وعلى هذا الغمد مسطرة مدرجة بالمليمترات صفرها يقابل الجزء المذهب من الجسم العاجي و يتحرك على الغمد بواسطة مسمار حلقة معدنية هي فرنييه معها يؤخذ

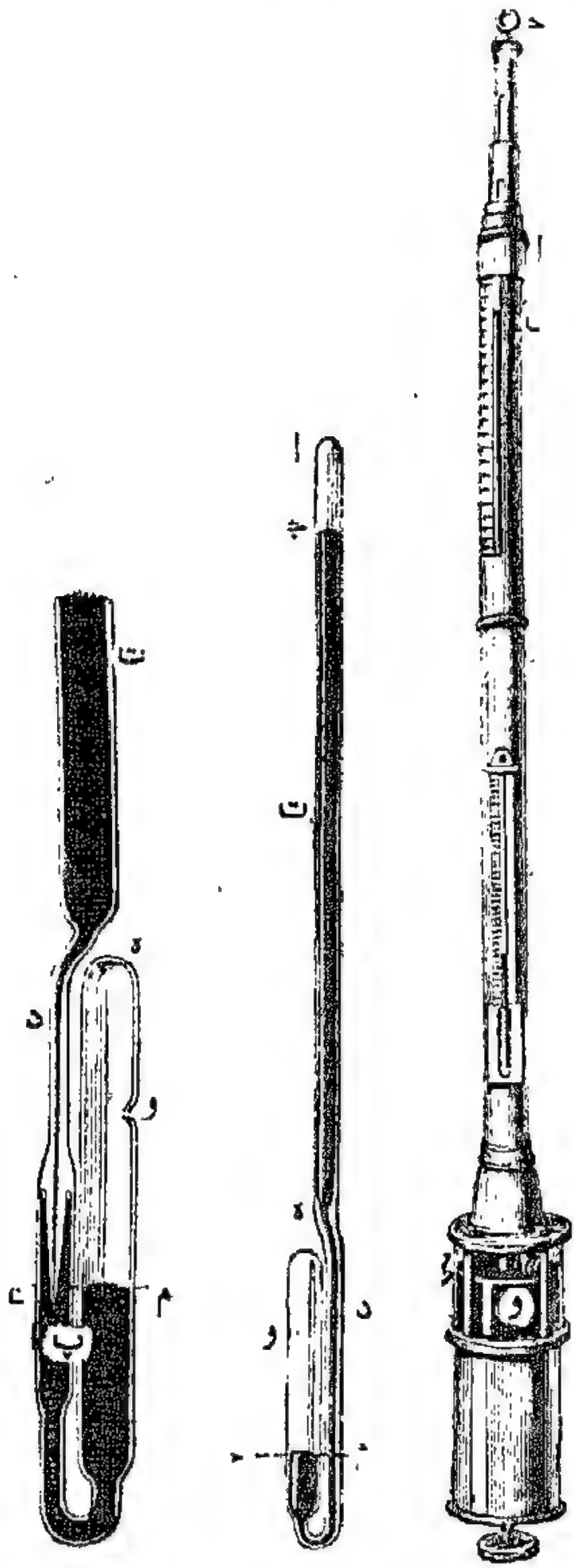
ارتفاع

ارتفاع الزئبق في الأنبوبة بحيث ان هذا الارتفاع لا يختلف عن الحقيقة بأكثر من عشر ملليمتر بأن تجعل الحافة السفلى لهذه الحلقة مماسة لسطح الزئبق وتكون دلالة هذا البارومتر صحيحة يلزم أن تكون الأنبوبة موضوعة وضعاً عمودياً فان كانت مائلة كان الارتفاع البارومتري أكثر من الارتفاع الحقيقي ولنقل هذا الجهاز من مكان الى آخر يرفع بواسطة المسمار البرمة جلد الاروى الى أن يملأ الزئبق الأنبوبة والطست واذنالك يمكن نقله بل وقلبه من غير أن يخشى دخول الهواء فيه

١٢٨ - البارومتر الممص - هذا البارومتر يتركب من أنبوبة منحنية الى فرعين متوازيين قطرها واحد أحدهما طويل والآخر قصير والطويل مغلق والقصير ذو فتحة صغيرة بها يضغط الهواء على سطح الزئبق

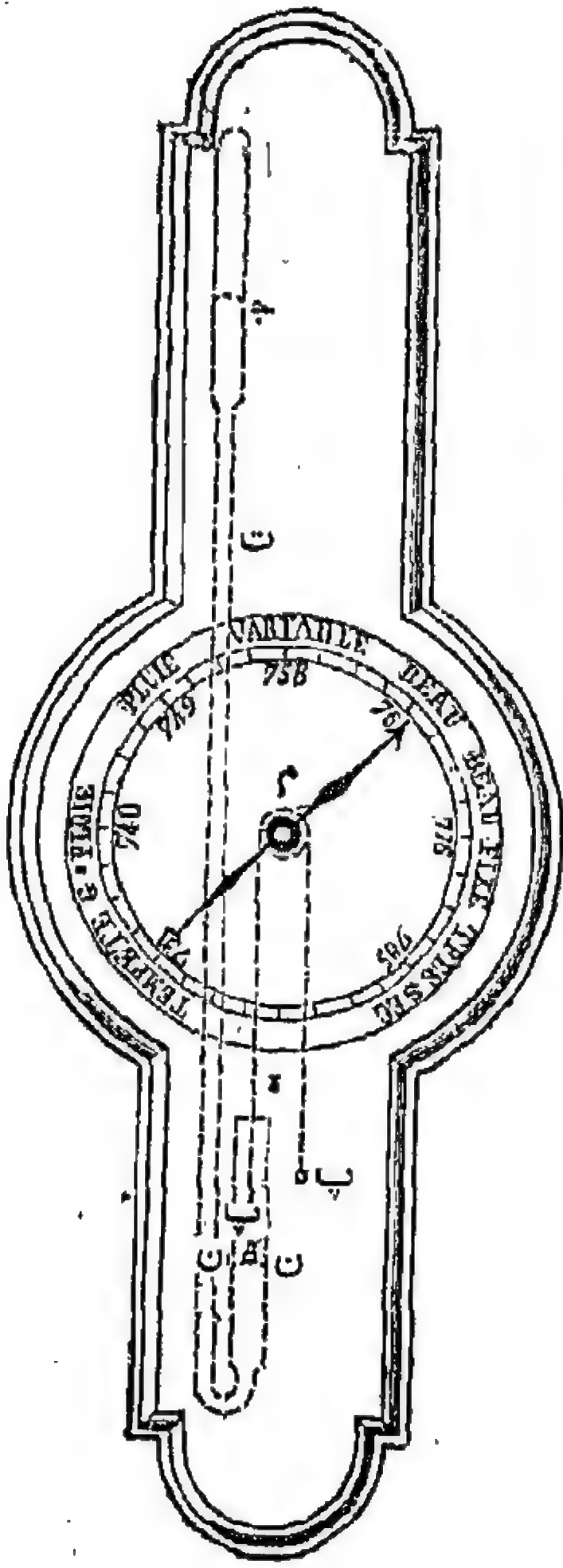
وقد ضم (غيلوسالك) الفرعين ١ و ٢ (شكل ٧٣) بأنبوبة شعيرية د ليصعب دخول الهواء في الخزانة البارومترية عند قلب الجهاز ويضغط الهواء على سطح الزئبق ح من الفتحة و

وارتفاع عمود الزئبق المعادل للضغط الجوي هو المسافة العمودية ج و بين سطحى الزئبق في الأنبوبتين ويقاس هذا الارتفاع بقياس مدرج بالملليمترات تدريجين أحدهما صاعد والآخر نازل صفرهما مشترك موضوع في وسط الارتفاع فتجمع المسافة بين صفر التدريجين ووسط الزئبق في إحدى الأنبوبتين الى المسافة بين الصفر ووسط الزئبق في الأخرى وقد نوع (بوتين) أحد صناعات آلات البارومتر ذا المص لغيلوسالك بأن انتهى الطرف الطويل جهة الفرع القصير بجزء مستدق ب (شكل ٧٤) وغلقه بانتفاخ في أنبوبة شعيرية وبذلك تنحبس فقاعات



الهواء التي تتمكن من الدخول في الأنبوبة الشعيرية بين ش ٧٢ ش ٧٣ ش ٧٤ جدار الجزء المستدق وجدار الأنبوبة الشعيرية فلا تصل الى الخزانة البارومترية فيختل الجهاز وهذا البارومتر سهل النقل ولنقله يعمال بالتدريج والاحتراز الى أن يمتلئ فرعه الطويل بالزئبق ثم يوضع في غمد من نحاس وهذا في غمد من الجلد أو علبه من الخشب

١٢٩ - البارومتر ذو وجه الساعة - هو بارومتر مخصص (شكل ٧٥) فرعه القصير هـ



ش ٧٥

مفتوح بالكليّة وفيه أنبوبة من زجاج فيها قليل من الزئبق حتى تكون بذلك ثقيلًا يسبح على سطح الزئبق الموجود في الفرع القصير مع انغمار جزء منه فيه وهذا الثقل ب معلق في خيط من الحرير ملتف على بكرة م خفيفة سهلة الحركة ينتهي هذا الخيط بثقل آخر ب وزنه أقل من وزن الثقل الأول قليلًا وفي محور البكرة عقرب مثبت فيه من مركز ثقله وبين العقرب والبكرة وجه ساعة أمامه يتحرك العقرب فإذا زاد الضغط الجوي انخفض الزئبق في الفرع القصير من المص فينخفض الثقل الذي فيه لزيادة وزنه عن وزن الثقل الخارج عن هذا الفرع فيحدث بانخفاضه دوران العقرب في أحد الاتجاهات وإذا نقص الضغط الجوي ارتفع الزئبق في الفرع القصير فيرتفع الثقل وبارتفاعه يتحرك العقرب في اتجاه مضاد للأول

ويدرج هذا البارومتر بمقارنته ببارومتر (فورتن)

١٣٠ - البارومتر المعدني لبوردن - كثيرًا ما يستعمل

بارومترات لا تحتوي على الزئبق وبارومتر (بوردن) من أبسط هذه البارومترات وهو أنبوبة



ش ٧٦

من النحاس الأصفر أ م ب (شكل ٧٦) مرنّة رقيقة الجدران خالية عن الهواء (قطاها مرسوم على عيني الشكل) منحنية في هيئة دائرة ومثبتة من م في علبة موضوعة فيها والطرفان المرسلان أ و ب متصلان برافعتين تحركان قوسًا معدنيًا مسننًا ق وحركة هذا الأخير تنتقل معظمة إلى محور و يحمل ابرة حد تتحرك على وجه مدرج فبازدياد الضغط الجوي تتقارب اطراف الأنبوبة بعضها إلى بعض فتنتقل هذه الحركة إلى القوس ثم إلى الابرة وينقصانه تبعًا عد فتحصل حركة الابرة في اتجاه مضاد للأول وتدرج هذا البارومتر بحصل بمقارنته مع بارومتر (فورتن)

١٣١ - تعديل دلالات البارومتر - لتكون الدلالات المأخوذة من البارومتر محكمة يلزم تعديلها بالنسبة للحرارة والشعرية وبدون ذلك لا يحصل على ضغط الهواء الجوى بالدقة فاما بالنسبة للحرارة فلانها بتغيرها تغير كثافة الزئبق فيتغير طول العمود الزئبقى ولذلك جرت العادة برتب جميع الدلالات الى ما تكون عليه الحرارة فى درجة الصفر وستقف على كيفية اجراء هذا التعديل عند دراسة تمدد الاجسام

وأما بالنسبة للشعرية فلانها تحدث انحناء طافى العمود الزئبقى يكون عظيما كلما كان قطر الأنبوبة صغيرا كما رأينا ذلك فى شرح الظواهر الشعرية ويكاد هذا الانحناء يكون معدوما متى كان قطر الأنبوبة الداخلى ازيد من ٢٥ سم. ولذا كان اجراءه غير ضرورى فى الدلالات المأخوذة من البارومتر الثابت ذى الطست لكبر قطر أنبوتته

واجراء هذا التعديل يستلزم معرفة قطر الأنبوبة وسهم الهلالى أى المسافة بين سطحين متوازيين احدهما مار بقمة الهلالى والاخر بقاعدته وقد وضعت جداول منها يعرف مقدار هذا التعديل متى عرف قطر الأنبوبة وسهم الهلالى وهما الجدولان يحتوى على التعديلات اللازم عملها فى دلالات البارومتر بالنسبة لاقطار الأنبوبة وأطوال سهم الهلالى الواردة فيه

جدول تعديل دلالات البارومتر
بالنسبة للشعرية

طول السهم ————— بالمليمتر									طول شعاع قطر الأنبوبة
مليمتر	مليمتر	مليمتر	مليمتر	مليمتر	مليمتر	مليمتر	مليمتر	مليمتر	ملى
١٠٠	٠٩	٠٨	٠٧	٠٦	٠٥	٠٤	٠٣	٠٢	٢٠
٢٣٥	٢٢١	٢٠٥	١٨٦	١٦٥	١٤١	١١٦	٠٧٩	٠٦٠	٢٠
١٩٨	١٨٣	١٧١	١٥٤	١٣٦	١١٦	٠٩٥	٠٧٢	٠٤٩	٢٢
١٦٨	١٥٧	١٤٤	١٢٩	١١٤	٠٩٧	٠٧٩	٠٦٠	٠٤٠	٢٤
١٤٤	١٣٣	١٢٢	١٠٩	٠٩٦	٠٨١	٠٦٦	٠٥٠	٠٣٤	٢٦
١٢٤	١١٤	١٠٤	٩٣	٠٨٢	٠٦٩	٠٥٥	٠٤٣	٠٢٩	٢٨
١٠٧	٠٩٩	٠٩٠	٨٠	٠٧٠	٠٥٩	٠٤٨	٠٣٦	٠٢٤	٣٠
٠٩٣	٠٨٦	٠٧٨	٠٦٩	٠٦٠	٠٥١	٠٤١	٠٣١	٠٢١	٣٢
٠٨١	٠٧٥	٠٦٨	٠٦٠	٠٥٢	٠٤٤	٠٣١	٠٢٧	٠١٨	٣٤
٠٧١	٠٦٥	٠٥٩	٠٥٢	٠٤٦	٠٣٨	٠٣١	٠٢٣	٠١٦	٣٦
٠٦٢	٠٥٧	٠٥٢	٠٤٦	٠٤٠	٠٣٤	٠٢٧	٠٢١	٠١٤	٣٨
٠٥٥	٠٥٠	٠٤٦	٠٤٠	٠٣٥	٠٣٠	٠٢٤	٠١٨	٠١٢	٤٠
٠٤٩	٠٤٥	٠٤٠	٠٣٦	٠٣١	٠٢٦	٠٢١	٠١٦	٠١١	٤٢
٠٤٥	٠٤٠	٠٣٦	٠٣٢	٠٢٧	٠٢٣	٠١٩	٠١٤	٠٠٩	٤٤
٠٣٨	٠٣٥	٠٣٢	٠٢٨	٠٢٤	٠٢٠	٠١٦	٠١٢	٠٠٨	٤٦
٠٣٤	٠٣١	٠٢٨	٠٢٥	٠٢٢	٠١٨	٠١٥	٠١١	٠٠٧	٤٨
٠٣١	٠٢٨	٠٢٥	٠٢٢	٠١٩	٠١٦	٠١٣	٠١٠	٠٠٧	٥٠

ولاستعمال هذا الجدول يبحث في النهر الاول الرأسى عن الرقم المساوى لقطر الأنبوبة وفي
النهر الاول الافقى عن الرقم المساوى لطول سهم الهالى فالعدد الكائن في تقاطع النهرين
المبدؤين بهذين العددين هو مقدار المليمترات المطلوب اضافتها الى طول العمود الزئبقى
لتعديل ما حصل فيه من الانحطاط بسبب الشعرية مثلاً اذا كان ارتفاع العمود الزئبقى

في

في البارومتر قبل التعديل هـ وكان شعاع الأنبوبة ٥ ملليمتر وطول السهم ٠,٦ ملليمتر فان الارتفاع البارومتري يصير هـ + ٠,١٩ ملليمتر

قانون ماريوط

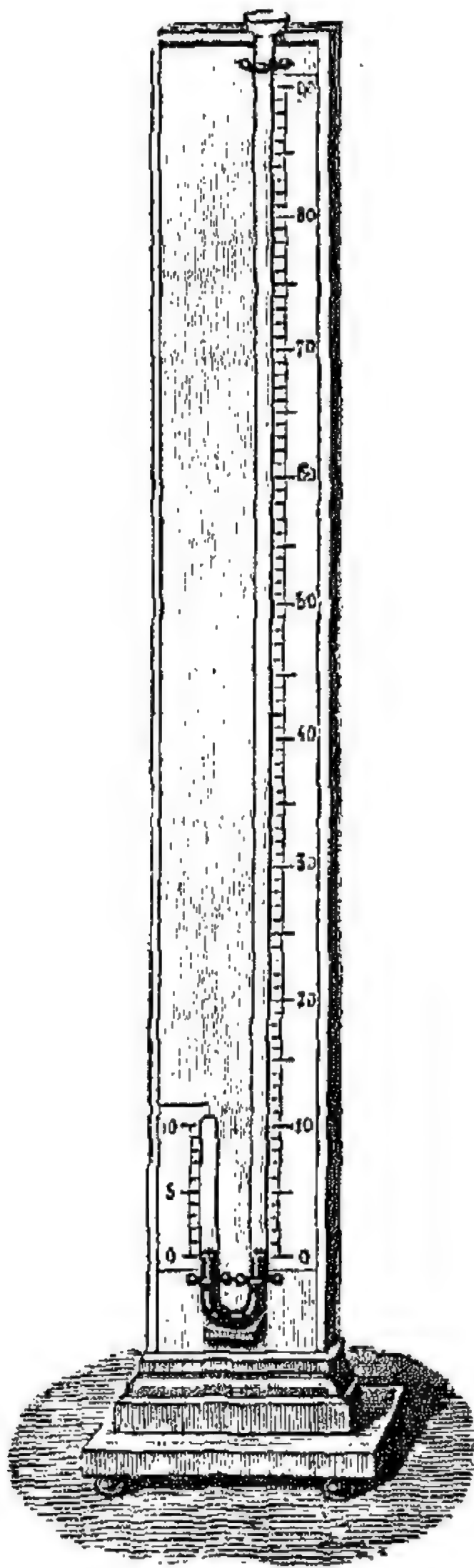
١٣٢ - قانون ماريوط - حجم كتلة معينة من الغازات تكون على النسبة العكسية من الضغط الواقع عليها بشرط عدم تغير الحرارة

هذا هو القانون المعروف بقانون ماريوط وهو قانون عرفه (بويل) من لوندرة و (ماريوط) من فرنسا

ولتحقيق هذا القانون تستعمل الأنبوبة المسماة بأنبوبة (ماريوط) اذا اريد تحقيق القانون والضغط أكبر من الضغط الجوي أو يستعمل بارومتر ذو حوض اذا اريد تحقيقه والضغط أصغر من الضغط الجوي

١٣٣ - تحقيق قانون ماريوط والضغط أكبر من الضغط الجوي - تؤخذ أنبوبة ماريوط

(شكل ٧٧) وهي أنبوبة منحنية ذات فرعين غير متساويين أقصرهما مسدود ومثبتة على لوح من خشب ويقابل الفرع القصير تدريج يبدل على ساعات متساوية وفي محاذاة الفرع الطويل تدريج يؤخذ منه الضغط بالسنتيمتر وصفر التدريجين على خط أفقي واحد



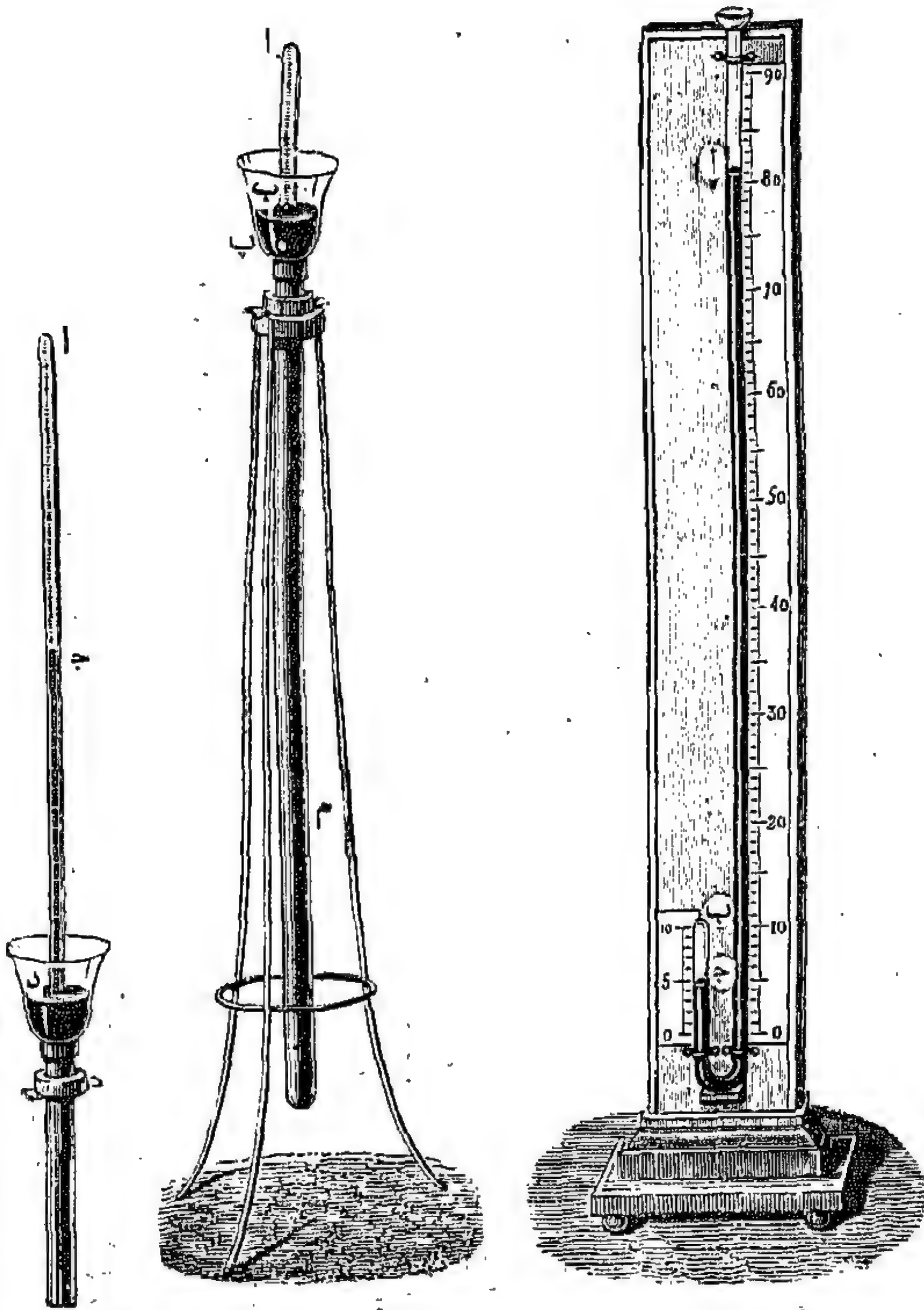
ش ٧٧

فيوضع من فتحة الأنبوبة الطويلة زئبق الى أن يصير ارتفاع السائل واحد في الفرعين محاذيا لصفر التدريجين كما في الشكل المتقدم فيكون ضغط الهواء المحبوس في الفرع القصير الواقع على سطح الزئبق في هذا الفرع مساويا لضغط الهواء الجوي الواقع على سطح الزئبق في الفرع الطويل بدليل أن السطحين في مستواقي واحد وهذا لا يتم الا اذا تساوى الضغط على السطحين واذا يكون في الفرع القصير كتلة غازية معلومة الحجم والضغط الواقع عليها معلوم أيضا هو الضغط الجوي وقت التجربة فيدخل في الأنبوبة الزئبق من فتحة الفرع الطويل الى أن تصير المسافة المشغولة بالهواء من الفرع القصير نصف ما كانت فان كانت المسافة ب ح المشغولة بالهواء ١٠

ستتيمتر مكعب وضع الزئبق الى أن تصير σ ستتيمتر مكعب كافي (شكل ٧٨) ثم تقاس المسافة بين σ و α أي بين سطحى الزئبق فى الفرع الطويل والقصير فيشاهد أنه مساو لضغط الجو وقت التجربة أي ان ضغط عمود الزئبق $\sigma \alpha$ يساوى جوًا واحدًا فإذا أضيف إليه الضغط الجوى كان الضغط الواقع على الكتلة الغازية المحصورة فى الفرع القصير مساوياً لجوىين وهو الذى أحال حجمها الى نصف ما كانت فلما صار الضغط ضعف ما كان آل حجم الغاز الى نصف ما كانت عليه كذلك ولو كبر الضغط الى أن صار مساوياً لاربعة جواء لصغر حجم الغاز و صار ربع ما كان والضغط الواقع عليه يساوى جوًا واحدًا

١٣٤ - تحقيق قانون (ماريوت) والضغط أصغر من الضغط الجوى - لتحقيق هذا القانون والضغط أصغر من الضغط الجوى يمدد الغاز بتعريضه لضغط أخفى فى التساوى ولذلك تؤخذ أنبوبة متساوية القطر فى جميع طولها على قدر الامكان مقسمة الى أجزاء متساوية

الطول ثم يملأ منها بالزئبق ثلاثة أرباعها مثلاً وتنكس على حوض عميق كالحوض ب م (شكل ٧٩) وبعد ذلك تدخل هذه الانبوبة فى الحوض الى أن يصير سطح الزئبق داخلها فى محاذاة سطحه خارجها فبذلك يكون محبوسا فى الانبوبة حجم $\alpha \beta$ من الهواء على الضغط الجوى فتقاس المسافة التى شغلها حجم الهواء ثم ترفع الانبوبة الى أن يصير حجم الهواء $\alpha \gamma$ (شكل ٨٠) ضعف ما كان قبل بسبب نقصان الضغط فيرى ارتفاع الزئبق فى الانبوبة وان هذا الارتفاع $\delta \gamma$ يساوى نصف الارتفاع البارومتري وقت التجربة



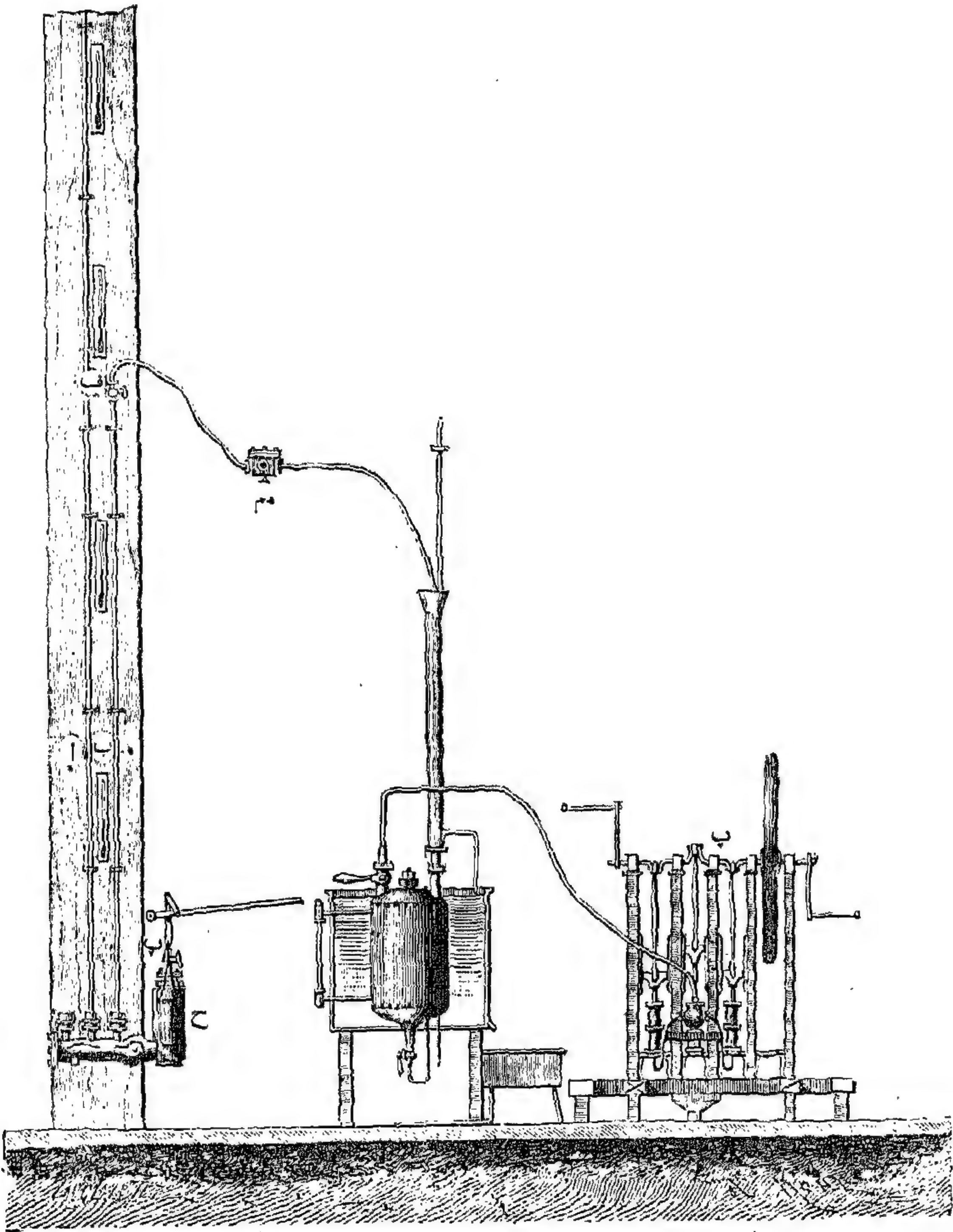
ش ٧٨ ش ٧٩ ش ٨٠

فالهواء

قالهواء الذي صار حجمه ضعف ما كان لم يكن ضغطه الانصف جوفان مجموع قوة مرونته
وثقل عمود الزئبق h يعادل ضغط الجو والعمود h وحده يساوى نصف جوف

١٣٥ - دراسة محكمة لقانون ماريوط - لا يمكن في الاجهزة المتقدمة تغيير الضغط
والحجم الا الى حد معين ولاحظ (فرداي) أن بعض الغازات كالنوشادر والسيانوجين
والاندريد كبريتوز متى ضغط ضغطا قويا يستحيل الى سائل وان حجمها متى قرب من السيوالة
يصغر بالضغط صغرا أكثر مما يدل عليه قانون (ماريوط) فاستعمل (ديسبرنس) أجهزة بها
يمكن ضغط الغازات ضغطا عظيما فثبت أن عدة من الغازات اذا ضغطت ضغطا واحدا آخذا
في الازدياد صغرت حجوماتها صغرا مختلفا فالاندريد كربونيك والايدروجين المكبرت والنوشادر
والسيانوجين تنضغط أكثر من ضغط الهواء الجوى والايدروجين ينضغط أولا كالهواء
فاذا زاد الضغط عن ضغط 10 جوا كان انضغاطه أقل وحقق (بوليه) نتائج (ديسبرنس)
باستعماله جهازا فيه يمكن وضع غازين كالهواء والاندريد كربونيك تحت ضغط واحد وضغطهما
في آن واحد ضغطا واحدا وبذلك ثبت أن قانون (ماريوط) ليس قانونا عاما فبحث
(ديلون) و(أرجو) عما اذا كان هذا القانون ينطبق على الغاز الواحد فاستعمل جهازا أمكنهما
توصيل ضغط الهواء فيه الى ضغط 27 جوا فتبين لهما أن الهواء ينضغط أكثر مما يدل عليه
قانون (ماريوط) غير أن الفرق قليل جدا بحيث يصح نسبته الى الغلط العادي لهذه التجارب
وفي سنة ١٨٤٧ نشر الشهير (رينيول) تجاربه في قابلية الغازات للضغط وكان لهذه التجارب
صيت وشهرة واستعمل في هذه التجارب جهازا لا يختلف كثيرا عن الذي استعمله (ديلون)
و(أرجو) غير أن فيه عدة محاسن واستعمل بطريقة معها يمكن احتساب أسباب الغلط التي
لا تسلم منها هذه التجارب وهو (شكل ٨١) يتركب من أنبوبتين متوازيتين a و b
ركب عليهما من أسفل طلمبة زئبق p وبينهما وبين هذه الطلمبة حنفية تمنع اتصالهما
بالطلمبة حتى لا يختل عمود الزئبق وتتصل الأنبوبة b من أعلى بحنفية f معها يمكن
حفظ الغاز زمنا مضغوطا بعدة جواء وتتصل بواسطة أنبوبة معدنية g بمستودع موضوع
في ماء متجدد درجة حرارته ثابتة ضغط الغاز فيه بعدة جواء بالآلة p وطول الأنبوبة b
ثلاثة أمتار وهي من البياور متساوية القطر في جميع طولها مدرجة الى أعلى بالمليمترات
وتحمل علامتين تقسمان الأنبوبة قسمين متساويين السعة الاول من الحنفية f الى
العلامة العليا في الأنبوبة والثاني من العلامة العليا الى السفلى وسير هذا الجهاز هو أن يضغط
بالطلمبة b الزئبق بالماء الموجود في المستودع g فاذا بلغ الزئبق في الأنبوبة b

العلامة العليا أغلقت الحنفية الكائنة بينهما وبين الطلبة وفتحت الحنفية ف سيدخل في الانبوبة جزء من الغاز المضغوط فإذا بلغ انخفاض الزئبق الى العلامة السفلى أغلقت الحنفية ف وقيس ضغط الغاز بالفرق بين ارتفاع الزئبق في الانبوتين وبعد ذلك يضغط الزئبق بالطلبة الى أن يصل سطحه الى العلامة العليا فيصل بذلك حجم الغاز الى النصف



ش ٨١

فيقاس ضغطه بالفرق بين سطح الزئبق في الانبوتين فيعلم بذلك هل كانت نسبة هذا الضغط الى ما قبله كالنسبة العكسية للحجوم أولا وان وجد فرق بين نتيجة التجربة وما يؤخذ من قانون (ماريوت) علم قدره واتجاهه وللعمل على ضغط أكبر من المتقدم تفتح الحنفية ف

ليدخل

ليدخل مقدار من الغاز المضغوط حتى ينخفض سطح الزئبق الى العلامة السفلى ثم تغلق حنفية ف وتفتح الحنفية بين الطلبة والانبوبة ويتم العمل كما تقدم وهكذا حتى يحصل على أعظم ضغط تسمح الانبوبة الطويلة بالحصول عليه

وكانت تجارب (رينبول) على الهواء والازوت والاندريد كربونيك فتبين أن حجومات الغازات الثلاثة تنقص بازدياد الضغط أكثر مما يدل عليه القانون وأن هذا الفرق بين نتيجة التجربة ومدلول القانون قليل في الهواء والازوت كثير في الاندريد كربونيك أي كثير مع الغاز القابل للسيولة بسهولة فإنه عندما وصل الضغط الى ١٥ جوا صار حجم الاندريد كربونيك $\frac{1}{17}$ من حجمه الأصلي فمن جميع هذه التجارب يستدل على أن الغازات كلما قربت درجة سيولتها بعدت عن قانون (ماريوط) أما الايدروجين فإنه يبعد عن قانون (ماريوط) ولكن في اتجاه مصاد للغازات الاخر بمعنى أنه بازدياد الضغط ينقص حجمه مقداراً أقل مما يدل عليه قانون (ماريوط) وقد أثبت كل من (مندواف) و (كريستوف) أن الهواء يبعد أيضاً عن قانون (ماريوط) إذا نقص الضغط الواقع عليه بكمية محسوسة الى أن يصير الضغط خمسة أعشار المليمتر وأن هذا البعد يكون أشد وضوحاً كلما كان الضغط أضعف وأنه في اتجاه مصاد لما رآه (رينبول) من بعد انقياد الهواء بازدياد الضغوط أي أنه كلما تناقصت الضغوط تناقصا خفيفاً أخذ في الازدياد يزداد حجم الهواء زيادة أقل مما يدل عليه القانون

١٣٦ - تطبيق قانون (ماريوط) - إذا كان ح حجم كتلة غازية تحت ضغط ضه و ح حجمها إذا كانت تحت الضغط ضه كانت العلاقة الآتية مدلول قانون (ماريوط)

$$\frac{ح}{ضه} = \frac{ح}{ضه}$$

وبطرد المقامات

$$ح ضه = ح ضه \quad (١)$$

وحيث أن ضه ضغط مهما كان فن البين أنه لو كان الضغط صه وحجم الكتلة الغازية نفسها المقابل لهذا الضغط ح فإنه يكون أيضاً ح ضه = ح ضه بحيث يصح أن يكون مدلول القانون هكذا

$$ح ضه = ح ضه = ح ضه = \dots الخ$$

ومعنى هذه المعادلة أن حاصل ضرب حجم كتلة غازية في الضغط الواقع عليها كمية ثابتة مهما كان هذا الضغط

ورأينا في التجربة بانبوبة (ماريوط) أن كتلة الهواء لم تتغير وحيث أنه يكون وزنها ثابتاً دائماً

فإذا كان و وزن الغاز و ρ كثافته ووزنه النوعي والضغط p و V حجمه ووزنه النوعي والضغط p يكون ضرورة و $\rho = \frac{p}{V}$ ومن ذلك

$$\rho = \frac{p}{V} \quad \text{أو} \quad \frac{p}{V} = \frac{\rho}{1} \quad (١)$$

وحيث أن

$$\frac{p}{V} = \frac{\rho}{1} \quad \text{يكون} \quad \frac{p}{V} = \frac{\rho}{1} \quad (٢)$$

ومنطوق المعادلة (١) أن كثافة كتلة غازية تكون على العكس من حجمها فكلما صغر حجم هذه الكتلة ازدادت كثافتها وكلما اتسع حجمها قلت كثافتها ومنطوق الثانية أن كثافة كتلة غازية تكون متناسبة مع الضغط الواقع عليها فكلما زاد هذا الضغط ازدادت كثافتها

وبقانون (ماريوت) تنحل هاتان المسئلتان

الاولى - إذا علم حجم كتلة غازية مضغوطة بضغط معلوم معين وأريد معرفة حجمها وهي مضغوطة بضغط آخر مثال ذلك كتلة غازية حجمها عشرة لترات والضغط الواقع عليها يساوي ٥٨٤ ملليمتر وأريد معرفة حجمها والضغط الواقع عليها يساوي ٢٩٢ ملليمتر حيث أن الحجم يكون على العكس من الضغوط يكون الحجم المجهول مساويا $10 \times \frac{584}{292} = 20$ لتر الثانية - إذا علم قوة مرونة كتلة غازية حجمها معلوم وأريد معرفة قوة مرونة هذه الكتلة متى أخذت حجما آخر كان ثابت قوة مرونة كتلة غازية وحجمها عشرة لترات تساوي ٥٨٤ ملليمتر وأريد معرفة قوة مرونة هذه الكتلة وحجمها يساوي عشرين لترا فحيث أن الضغط على العكس من الحجم يكون $584 \times \frac{1}{2} = 292$

١٣٧ - تعيين حجم كتلة غازية والضغط عادي - لمقارنة عدة كميات غازية تقاس بحجومها ولا تكون النتائج قابلة للمقارنة إلا إذا قيست الحجوم وضغطها واحد وليس من السهل التصرف في الضغط بحيث يجعل واحد في عدة غازات غير أنه إذا علم حجم وضغط كل غاز أمكن معرفة حجومها بالحساب عندما يكون ضغطها ضغطا معيناً واحداً في جميع الغازات وقد جرت العادة بتقدير حجوم الغازات والضغط الواقع عليها يساوي ٧٦٠ ملليمتر وهو متوسط ضغط الهواء الجوى وهذا الضغط هو المسمى بالضغط المعتاد

فإذا فرضنا أن غازاً في مخبر مدرج إلى أجزاء متساوية السعة موضوع على الحوض الزئبقي وأنه يمكن رفع المخبر وخفضه حتى يصير سطح الزئبق داخله في محاذة سطحه خارجه فن تدريج المخبر يعلم حجم الغاز ρ والضغط p هو ضغط الجو وقت التجربة وهذا يعلم بالبارومتر

فلهذا

فلهذا كان الحجم \bar{C} الذى يشغله الغاز اذا كان الضغط اعتياديا (٧٦٠) ملليمتر يؤخذ من المعادلة $\bar{C} = \frac{C}{\bar{P}}$

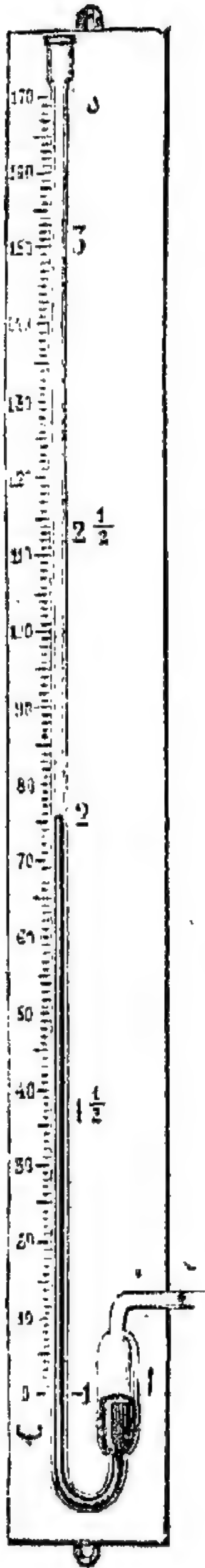
فاذا كان حجم المخبار والحوض لا يسمحان بجعل سطح الزئبق داخل المخبار وخارجه فى مستو واحد وكان سطح الزئبق داخل المخبار أعلى منه خارجه فان قوة مرونة الغاز تساوى ضغط الجو \bar{P} ناقص طول المسافة بين سطحى الزئبق داخل المخبار وخارجه \bar{P} وهذا يعلم من تدريج المخبار فجسم الغاز \bar{C} يكون حينئذ

$$\bar{C} = \frac{C - \bar{P}}{760}$$

المانومتر

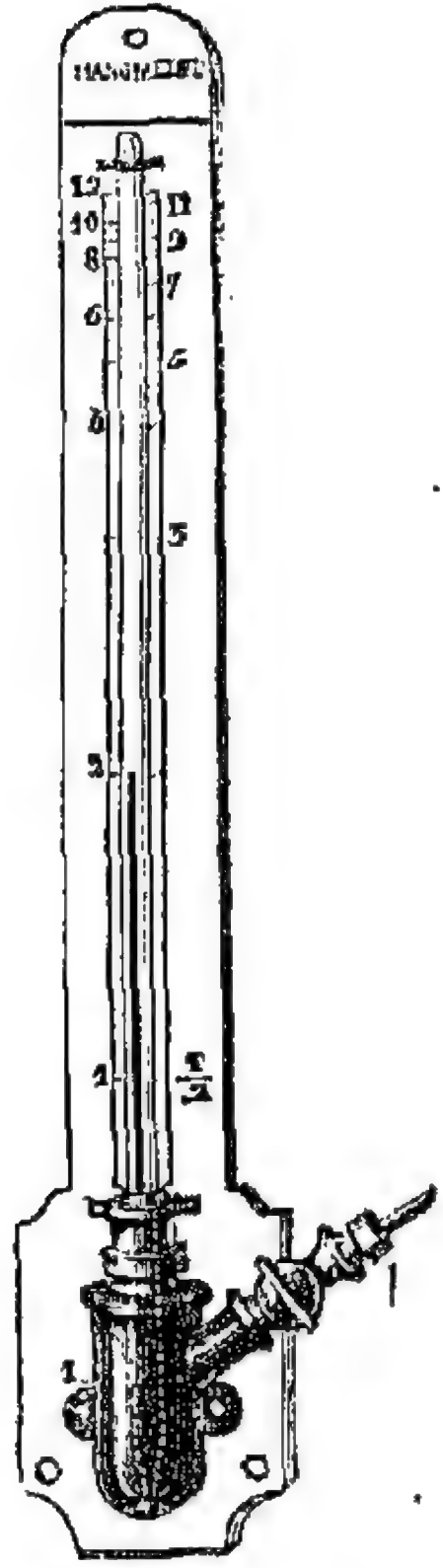
المانومتر آلة معدة لقياس قوة مرونة الغازات والابخرة وهو أنواع

١٣٨ - المانومتر ذو الهواء المطلق - هو أنبوبة من البلور ب (شكل ٨٢) مثبتة على لوح من خشب منحنية انحناءين ينتهى أحدهما طرفها بانتفاخ ١ فيه زئبق متصل بأنبوبة ٢ وهذه توصل بالاناء المغلق المحتوى على الغاز أو البخار المراد معرفة قوة مرونته ولتدريج هذا المانومتر ترك ٣ مفتوحة فى الهواء فيكون اذئذ سطح الزئبق فى الأنبوبة ب د وفى المستودع ١ فى مستو واحد فيوضع فى محاذة سطحه فى أنبوبة ب د رقم ١ للدلالة على أنه متى كان سطح الزئبق فى هذه النقطة كان الضغط مساويا للضغط الجوى وفوق هذه النقطة بمسافة طولها ٧٦٠ متر يوضع رقم ٢ ثم فوق هذه بمسافة ٧٦٠ متر يوضع رقم ٣ وهكذا حيث ان كل ارتفاع من عمود الزئبق طوله ٧٦٠ متر يساوى ضغط جو ثم تقسم المسافة بين كل درجة وما بعدها الى عشرة أقسام ليستدل بها على اجزاء الضغط التى تكون أقل من الوحدة فاذا حصل اتصال بين الأنبوبة ٢ واناء محتو على بخار وارتفع الزئبق فى الأنبوبة الى خمس درجات كان ذلك دليلا على أن الضغط يساوى خمسة جواء وهكذا وقد يوضع داخل الأنبوبة ثقل يتصل بنظيره خارجها أمام مسطرة مدرجة الى ستمترات من أعلى الى أسفل بحيث يمر على بكرة فاذا ارتفع الزئبق فى الأنبوبة رفع الثقل فينخفض نظيره فى الخارج بقدر ارتفاع الآخر فلا تعبىر قراءة الدرجات بعدها



ش ٨٢

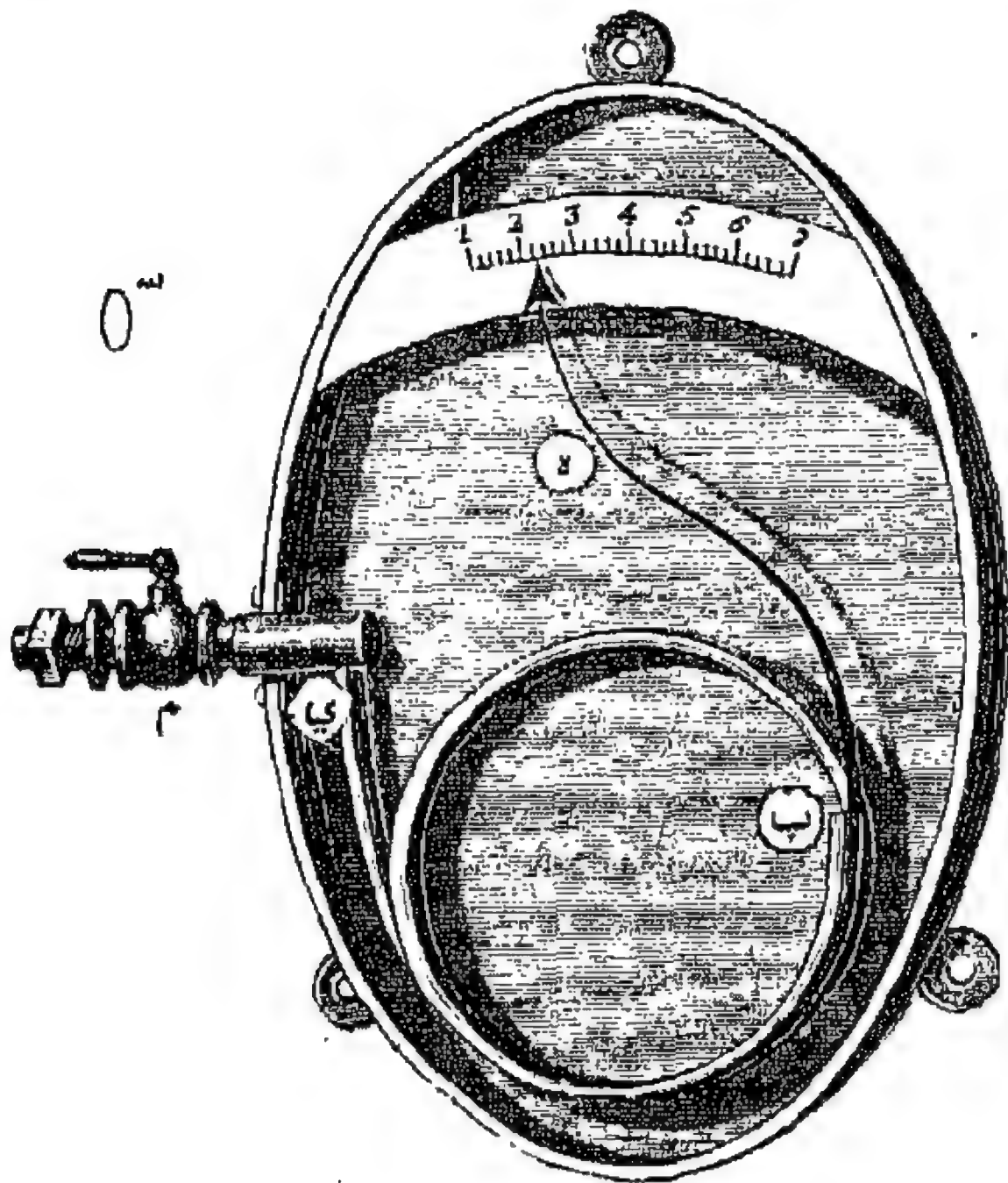
١٣٩ - المانومتر ذو الهواء المضغوط - المانومتر ذو الهواء المطلق لا يستعمل للقياس ضغط لا يتعدى خمسة أو ستة جواء عادة فإذا أريد قياس قوة مرونة أكبر من ذلك استعمل



ش ٨٣

المانومتر ذو الهواء المضغوط وهو (شكل ٨٣) يتركب من أنبوبة مغلقة أحد الاطراف طرفها الثاني مغمر في مستودع من الحديد مملوء زئبقاً ومغلق من جميع الجهات وفيه فتحة جانبية ١ بها يوصل المانومتر بالاناء المراد معرفة ضغط الغاز والبخار الموجود فيه وتدرج هذا المانومتر يكون بمقارنته بعد حبس مقدار مناسب من الهواء فيه بمانومتر ذي هواء مطلق بأن يوصل المانومتران باناء فيه هواء مضغوط بطلمية زئبق فإذا كان سطح الزئبق في الأنبوبة والمستودع في كلا المانومترين في مستو واحد وضع على الأنبوبة في محاذاة سطح الزئبق رقم ١ فإذا بلغ ارتفاع سطح الزئبق في أنبوبة المانومتر ذي الهواء المطلق ٧٦ سم ووضع على أنبوبة المانومتر ذي الهواء المضغوط في محاذاة سطح الزئبق فيها رقم ٢ فإذا بلغ ٧٦ × ٢ سم وضع في محاذاة سطح الزئبق في أنبوبة المانومتر ذي الهواء المطلق رقم ٣ وهكذا

١٤٠ - المانومتر المعدني - هذا المانومتر لا زئبق فيه وهو (شكل ٨٤) يتركب من



ش ٨٤

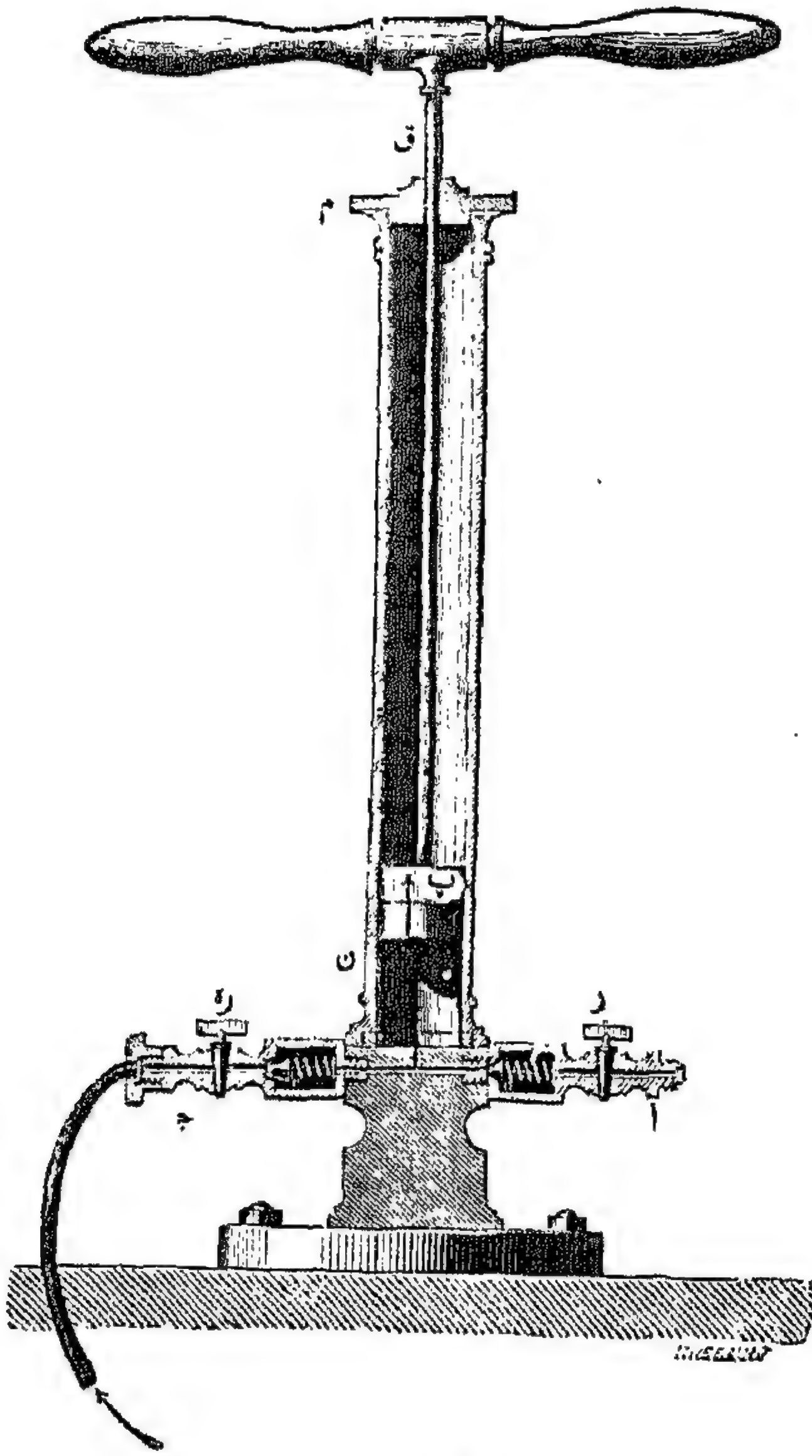
أنبوبة من النحاس الأصفر رقيقة الجدران قابلة للانثناء قطاعها س على يسار الشكل ملفوفة لفاحلزونيها بعضها على بعض لفة ونصف لفة طرفها ي مفتوح يتصل بأنبوبة ذات حنفية م بها يتصل المانومتر بالاناء المحتوي على البخار أو الغاز المراد معرفة ضغطه والطرف الآخر مغلق مرسل يتصل بآبرة ه فإذا اتصلت هذه الأنبوبة باناء فيه بخار فان ضغطه يحدث فك لف الأنبوبة فيتحرك طرفها المرسل من اليسار الى اليمين ومعه الآبرة وامام هذه قوس مدرج يعلم

منه مقدار الضغط المحدث لهذه الحركة أما هذا التدرج فيكون بمقارنة الجهاز بمانومتر ذي هواء مطلق بأن يوصل المانومتران باناء يحتوي على غاز مضغوط كما سبق ذكره في المانومتر المتقدم

الآلات

الآلات المفرغة

١٤١ - طلمبة اليد - طلمبة اليد تتركب من أنبوبة اسطوانية (شكل ٨٥) تسمى



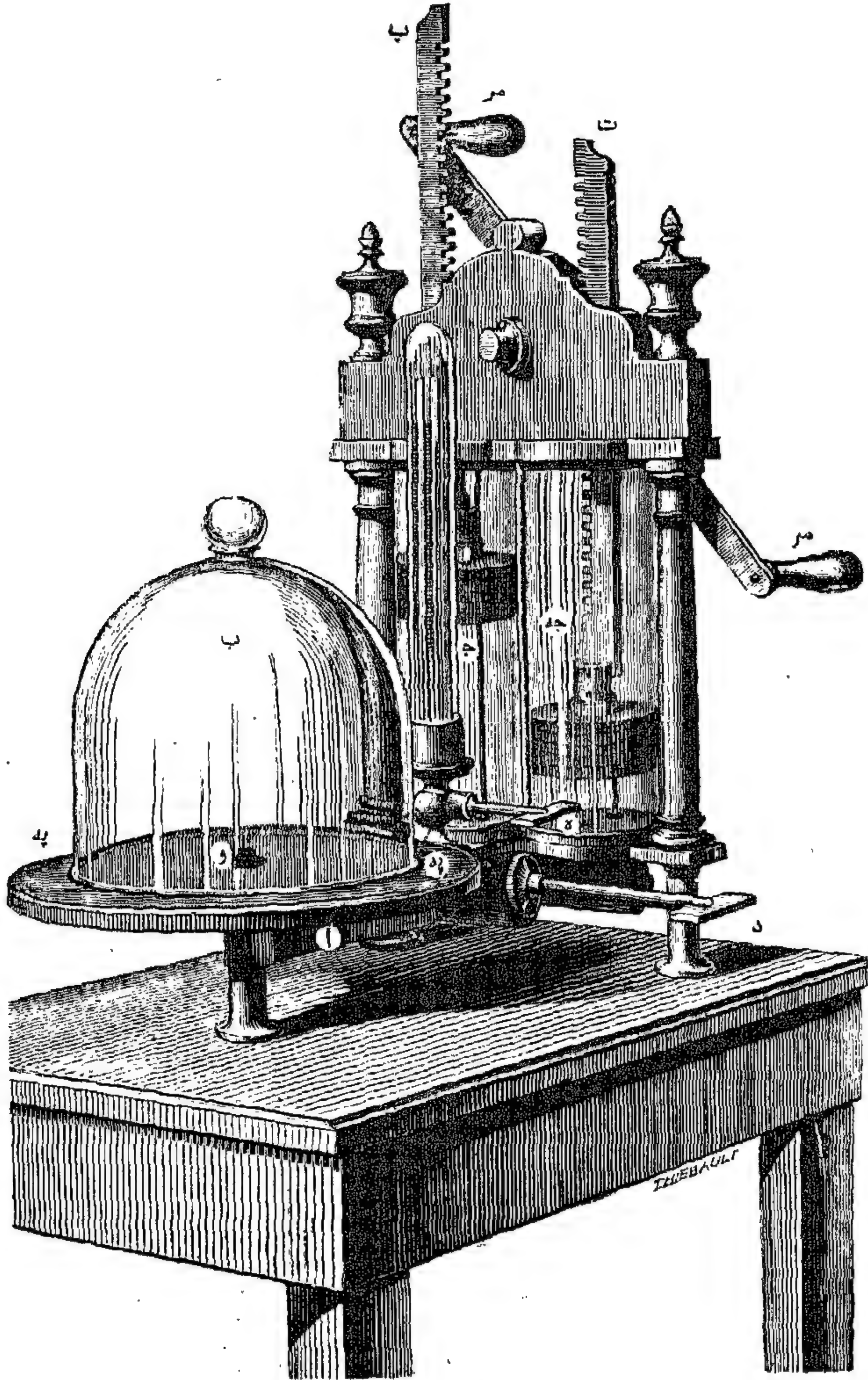
ش ٨٥

جسم الطلمبة من يتحرك فيها مكبس
ب مغلف بالجلد بواسطة ساق ذات
يد ق وفي الجزء السفلي من جسم
الطلمبة أنبوتان جانبيتان أ و ح
في كل واحدة منهما صمام مغلق
بمخروط معدني يدخل بإحكام في فتحة
مصنوعة في محور الأنبوبة ولكل
مخروط ساق صغيرة معدنية يحيط بها
زنبرك حلزوني به عيمل المخروط دائماً
إلى الانطباق على الفتحة وهذان
الصمامان موضوعان بكميعة بها
ينفتح أحدهما بزيادة الضغط داخل
جسم الطلمبة والآخر بزيادته خارجها
فإذا فرضنا اتصال ج بدورق مملوء
هواء على الضغط الجوي ورفع
المكبس فإن الضغط ينقص في جسم
الطلمبة والصمام الكائن بين حنفية

ره وجسم الطلمبة ينفتح من الخارج إلى الداخل مع كون تطيره ينغلق من الخارج إلى الداخل
حينئذ ينتشر جزء من غاز الدورق في جسم الطلمبة فإذا خفض المكبس ضغط الغاز الذي
في جسم الطلمبة فينفتح ضغط الصمام بين ر وجسم الطلمبة وينغلق الآخر بعد أن كان
مفتوحاً فيخرج بالضغط جزء من الهواء الذي كان في جسم الطلمبة وباستمرار العمل هكذا يخرج
في كل كبسة كمية مما كان في الدورق من الهواء

١٤٣ - الآلة المفرغة - تتركب هذه الآلة (شكل ٨٦) من جسمي طلمبة جه و ج
من البورمعتني بصنعتهم ما يكونا اسطوانتين يدخل في كل واحد منهما مكبس وهما يتصلان
من أسفل بقناة واحدة من الحديد الزهر أ وينتهي طرف هذه القناة و في مركز قرص

الآلة به به وهو قرص مستدير من البلور دعت وجهه العلوي بالصنفرة ليصير مستويا
فإذا أريد وضع شيء في الفراغ وضع على هذا القرص وغطى بالتاقوس ب حافته محكوكة
أيضا بالصنفرة بعد دهن هذه الحافات بدهن حتى لا يكون بينها وبين القرص فضاء وفي طرف

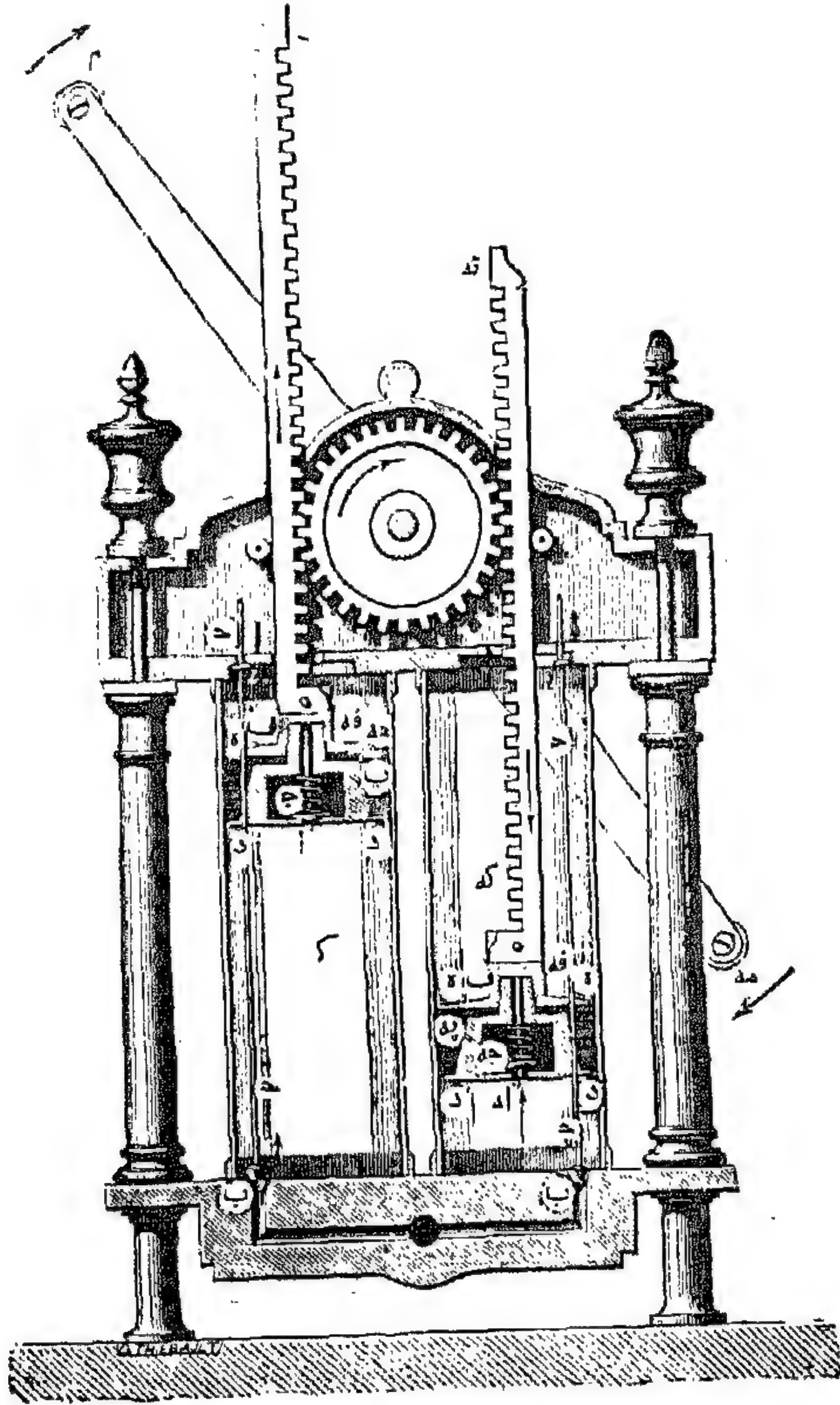


ش ٨٦

القناة و برمة عليها يمكن تركيب الآلات المراد عمل الفراغ فيها والنايب التي يقصد بها
توصيل الأجهزة بالآلة المفرغة إذا لم يمكن وضع الأجهزة على الآلة مباشرة

ولنكتف

ولنكتف بشرح أحد جسمي الطلبة لتشابه الاثنين فنقول ان المكبس مكون من دوائر من
الجلد مضغوطة بين دائرتين معدنيتين د د و ه ه (شكل ٨٧) ضم بعضها الى بعض



ش ٨٧

بضاغط برميّ فيه ف ليكون
بذلك انطباق الجلد على الجدار
الداخل لجسم الطلبة تاما وفي
محور القطعة المعدنية الضامة
للاقرص قناة تنفتح خارجة
فيها صمام مغلق بقرص معدني
ح على الفتحة ا وبواسطة
زنبرك ملتف حول ساق عمودية
على القرص يكون هذا القرص
ضاغطا بلطف على الفتحة ا ويمر
في المكبس باحتكاك لطيف
ساق ج ج بحيث يحركها
المكبس معه فاذا لامست نقطة
ثابتة فانها تنزلق فلا تتبع حركة
المكبس وينتهي طرف هذه
الساق بزر مخروطي يدخل
باحكام في فوهة القناة ب

وفي طرفها العلوي مانع به يتكئ الساق على القاعدة العليا لجسم الطلبة متى تحرك المكبس الى
أعلى قليلا لئلا يمنع حركة الساق

ويتحرك كل مكبس بساق مسنن يتعشق في طارة مسننة موضوعة في قطعة معدنية تعلو
الاسطوانتين وهذه الطارة تحرك بيد ذات فرعين لكل واحد منهما قبضة م م وبحركة
الطارة يرتفع أحد المكبسين حال انخفاض الاخرى على التعاقب

ولبيان سير هذه الآلة نفرض أن أحد المكبسين منخفض لقعر جسم الطلبة ثم أخذ في رفعه
فان الزر المعدني يرتفع قليلا عن الفتحة ب وبعد قليل تقف الساق ح ح عن الحركة
للامسة المانع المنتهية به من أعلى الى القاعدة العليا لجسم الطلبة فيتحرك المكبس وحده

فيشغل الهواء المحصور تحت الناقوس بسبب تباعد الزر عن فتحته وحصول الاتصال بين الناقوس وجسم الطلمبة حجما آخذا في الازدياد ولهذا تأخذ مرونته في النقصان وفي هذا الزمن يكون القرص δ مغلقا للفتحة α حيث انه يحمل من أعلى ضغط الهواء الجوى وهو أعظم من الضغط الحاصل عليه من أسفل وهو ضغط هواء الناقوس فاذا وصل المكبس الى منتهى سيره وأخذ في العودة أى السقوط الى أسفل فان الساق δ تتحرك معه فيسند الزر للفتحة β فتقطع المواصله بين الناقوس وجسم الطلمبة وتأخذ مرونة الغاز الذى انحصر في جسم الطلمبة تحت المكبس في الازدياد بسبب أخذ المسافة التى يشغلها في النقصان فاذا زادت عن ضغط الهواء فان القرص δ يفارق الفتحة α فيخرج جزء من الهواء الى أن يصل المكبس الى منتهى سيره وتحصل هذه الظواهر كلما صعد المكبس ونزل أى فى كل كبسة

١٤٣ - قانون تناقص المرونة باعتبار الآلة المفرغة محكمة - فى كل دفعة يرتفع فيها المكبس فى جسم الطلمبة فان جزءا من الهواء يأتى الى جسم الطلمبة ويخرج منه عند نزول المكبس وبذلك يخرج فى كل كبسة جزء من الهواء الذى بقى بعد الكبسة السابقة وعلى ذلك لا يتأتى استخراج الهواء من الناقوس بتمامه ولو فرضت الآلة محكمة

فاذا رمزنا بالحجم الناقوس والقنوات الموصلة بين الناقوس وجسم الطلمبة بالحرف δ وبالخرف γ لجسم الطلمبة متى كان المكبس فى أعلى مكان منه وبالخرف ϵ للضغط الجوى فبرفع المكبس فى المرة الاولى فان الهواء الذى كان شاغلا للحجم δ تحت الضغط ϵ يشغل الحجم $\delta + \gamma$ واذا رمزنا للضغط فى هذا الوقت بالخرف ϵ فانه يكون مطابقا للعلاقة الآتية بناء على قانون (ماريوط)

$$\frac{\epsilon}{\delta + \gamma} = \frac{\epsilon}{\delta} \quad \text{ومنها} \quad \epsilon = \epsilon \frac{\delta}{\delta + \gamma}$$

أى أنه يلزم للحصول على قوة المرونة بعد الكبسة الاولى ضرب مرونة الهواء قبل الكبسة فى الكسر $\frac{\delta}{\delta + \gamma}$ ويلزم للحصول على الضغط ϵ بعد الكبسة الثانية ضرب

$$\epsilon \frac{\delta}{\delta + \gamma} \quad \text{فيكون} \quad \epsilon = \epsilon \left(\frac{\delta}{\delta + \gamma} \right)^2 \quad \text{وهكذا}$$

وعلى العموم اذا رمزنا بالخرف ϵ لقوة مرونة الهواء بعد m كبسة يكون

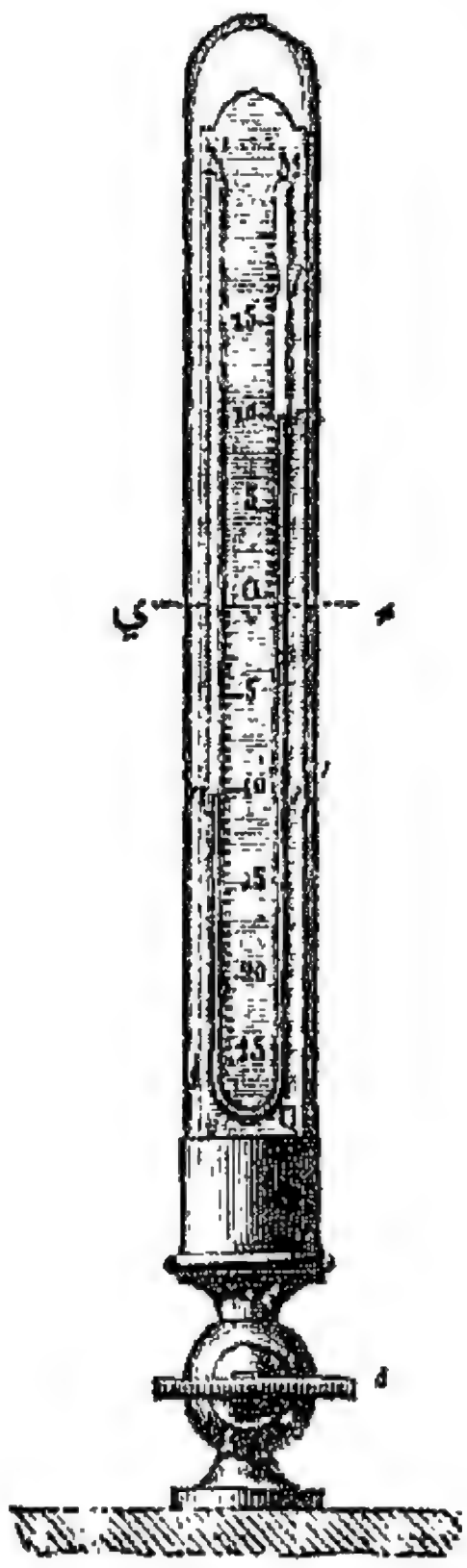
$$\epsilon = \epsilon \left(\frac{\delta}{\delta + \gamma} \right)^m$$

وحيث ان $\frac{\delta}{\delta + \gamma}$ أقل من الوحدة فقيمة ϵ تكون آخذة فى التناقص كلما ازدادت m فاذا صار كبير m كافيا يصير ϵ صغيرا بقدر ما يراد وحينئذ يمكن تصغير قوة المرونة كثيرا بازدياد عدد المكبس لكن من غير انعدامها

١٤٤ - المسافة المضرة - مهما كان احكام ضغط الآلة المفرغة فإنه يبقى دائماً بين المكبس وقعر جسم الطلمبة متى كان المكبس في منتهى سيره من أسفل مسافة فارغة تسمى بالمسافة المضرة فإذا أمكن عمل الفراغ الى أن يصير الهواء الشاغل لجسم الطلمبة بحيث لا تزيد مرونته عن مرونة الهواء الجوي متى كان المكبس في منتهى سيره من أسفل فإن انخفاض المكبس لا يحدث فتح الصمام γ فينقطع خروج الهواء ولكل آلة مسافة مضرة وبذلك يكون لها نهاية ضغط لقوة المرونة لا يمكن تعدّيها وتكون أصغر كلما صغرت نسبة حجم المسافة المضرة الى حجم جسم الطلمبة

١٤٥ - تأثير دخول الهواء - أكبر عيب في معظم الآلات هو وجود فجوات يدخل منها الهواء خصوصاً حول الصمام الكائن في المكبس ويكون دخول الهواء من هذه الفجوات بسرعة كلما كان ضغط الهواء في جسم الطلمبة ضعيفاً وقد يصير مقدار ما يدخل من الهواء بقدر ما يخرج بالمكبس مهما كانت سرعة المكبس فلا يكون في استمرار تشغيل الآلة فائدة وإذا أريد إيقاف العمل مع حفظ الفراغ الذي عمل وجب منع الاتصال بين الناقوس وجسم الطلمبة وهذا يحصل بالحنفية د الكائنة في القناة أ فبها يمكن عمل المواصلات بين الناقوس وجسم الطلمبة أو بين الهواء الخارج والناقوس

١٤٦ - مزية وجود جسمي طلمبة - في الآلات التي فيها جسم الطلمبة واحد كطلمبة اليد يلزم في كل مرة رفع فيها المكبس مقاومة الفرق بين الضغط الحاصل على سطح المكبس من أعلى والحاصل عليه من أسفل أما في الآلة المفرغة ذات جسمي الطلمبة فإن المكبس ينحرف على السطح العلوي لضغطى الهواء لككهما في اتجاهين مختلفين وهذا لا يستدعى المقاومة الفرق بين الضغطين الحاصل على سطحيهما السفليين وهو الفرق بين قوتي مرونة الهواء المتخلل في جسمي الطلمبة

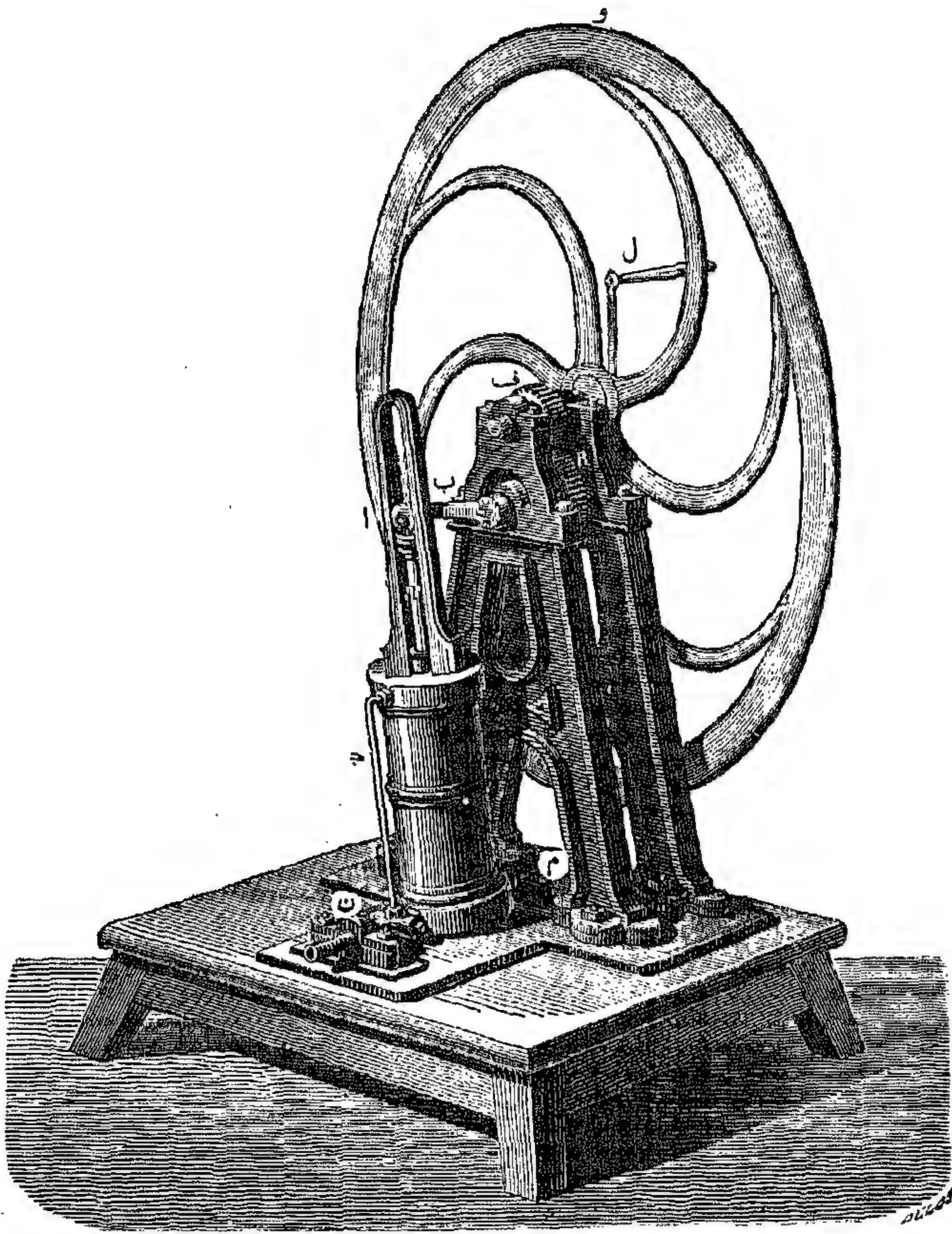


ش ٨٨

١٤٧ - مانومتر الآلة المفرغة - يصحب الآلة المفرغة مانومتر معند لمعرفة مرونة ما يبقى تحت الناقوس من الهواء في كل وقت وفي الغالب يكون هذا المانومتر (شكل ٨٨) من أنبوبة من زجاج منحنية الى فرعين أحدهما مغلق وهي موضوعة على مسطرة مدرجة معدنية تحت ناقوس متصل بقناة الآلة المفرغة بحنفية تملأ هذه الأنبوبة بالزئبق كما يعلأ مانومتر مص وحيث ان طول الفرع لا يتعدى ٢ ديسيمتر فإن الهواء بضغطه على سطح الزئبق في الفرع المفتوح يجعل الزئبق

مثلاً للفرع المغلق واصلاً لقمته فإذا صغر الضغط صغرا واضحا فإن الزئبق يأخذ في الانخفاض في الفرع المغلق والارتفاع في الفرع الآخر فإذا صار الضغط معسودا ما فإن سطحى الزئبق يصيران فى الفرعين فى مستوى واحد y وقد رأينا أن الضغط لا يصل قط الى العدم وتقاس قوة المرونة بعمود الزئبق كما يقاس الضغط الجوى فى البارومتر الممصر بأن يستعمل تدريجان صفرهما مشترك فى المستوى y

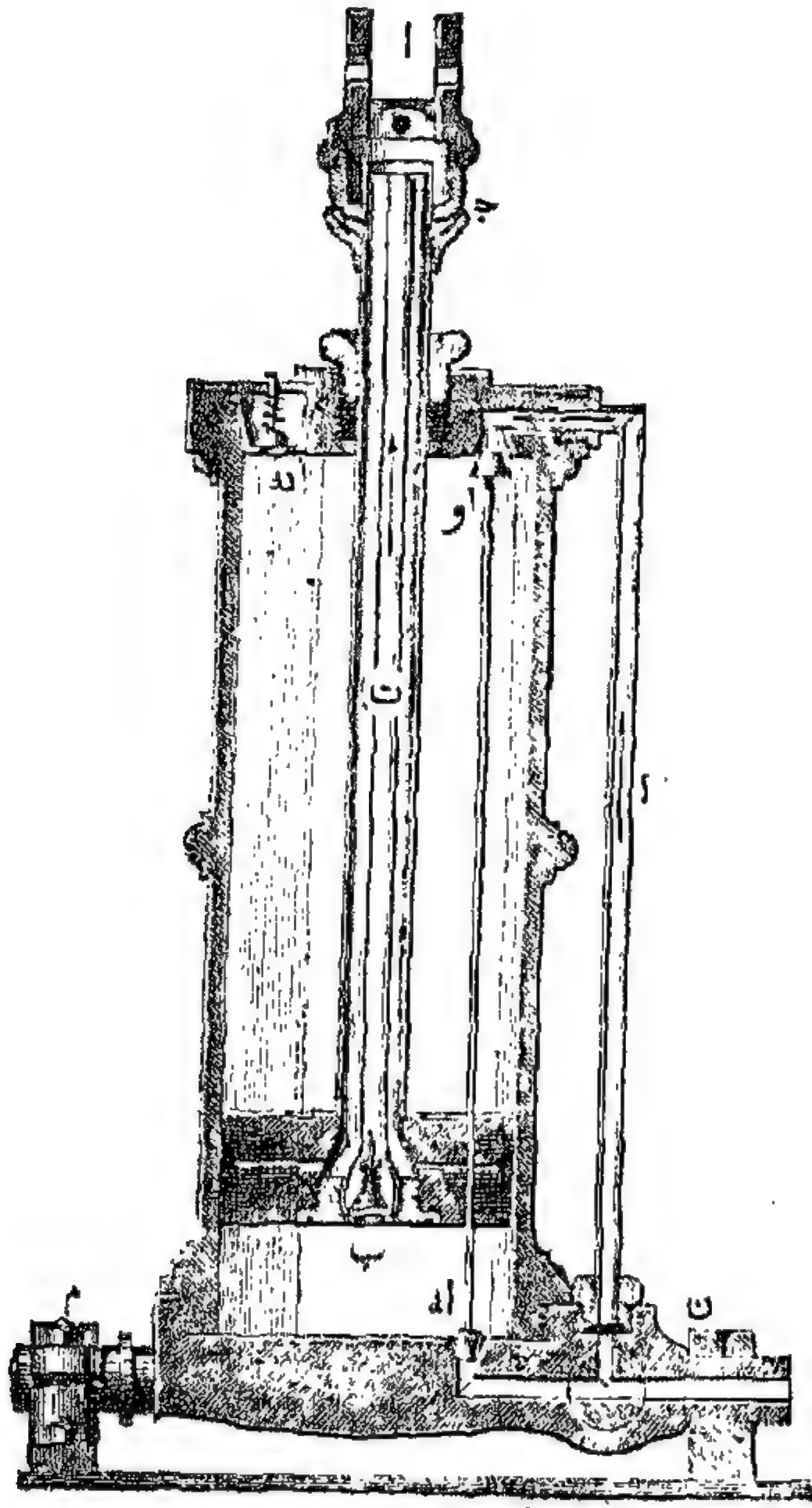
١٤٨ - الآلة المفرغة لبيانكى - هذه الآلة (شكل ٨٩) تتركب من جسم طلمبة



ش ٨٩

ذات عمل مزدوج ولو كانت اسطوانتها واحدة وفيها جميع مزاي الطلمبة ذات الجسمين فالمكبس يتحرك بطارة وتنقل حركتها طارتين مستنتين رف وهما يكسان الساق و
حركة

حركة ذهاب وإياب بواسطة القطعة ب وفي هذا الوقت تنذب الاسطوانة حول المحور م ن وتتصل الاسطوانة بالآلة المختلفة المراد تخلخل الهواء فيها بأنبوبة من الصمغ المرن سمكة حتى لا يطفئها الهواء بحصول الفراغ فيها وتوضع في الطرف ن للقناة المصنوعة في المحور م ن وهواء الناقوس يأتي للاسطوانة اما بالفتحة له



ش ٩٠

(شكل ٩٠) أو بالفتحة أ و وكذا الفتحتين تنغلق على التعاقب بأحد الزرين اللذين ينتهي بهما طرفا الساق أ و له وهي ساق تمر باحتكاك ضعيف في المكبس وفي ب و به صمامان كالوجودين في مكبس الآلة المفرغة الاعتيادية

فبانخفاض المكبس كما في (شكل ٩٠) يصل هواء الناقوس الى الجزء العلوى من جسم الطلبة بالانبوبة ك والفتحة أ وفي هذا الوقت وقت انحصار الهواء تحت جسم الطلبة يطرد هذا الهواء من الصمام ب فيخرج من التجويف المفعول في باطن الساق ت كما يشير اليه السهم

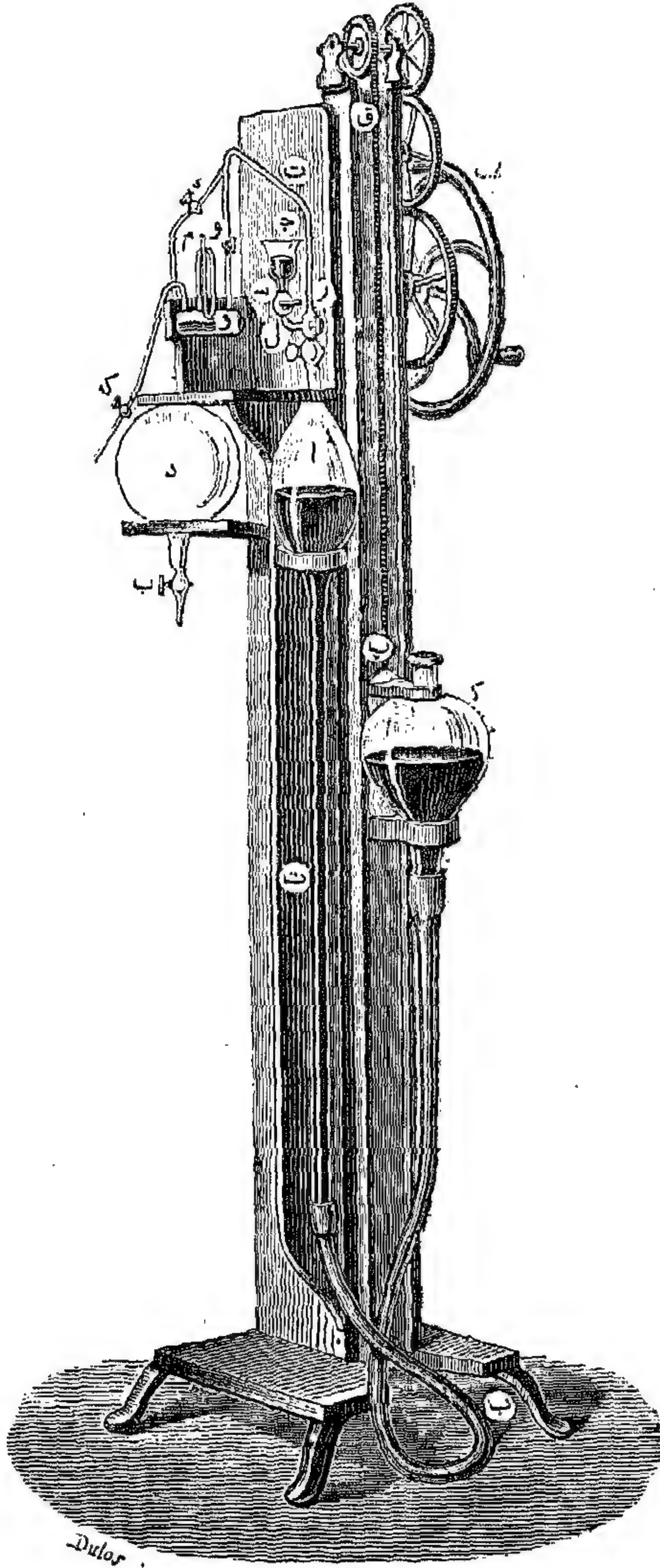
واذا ارتفع المكبس فان أ ينغلق بالزرفيطر د ما ينحصر من الهواء أعلى المكبس بالصمام ب وفي الوقت نفسه يصل هواء الناقوس الى الجزء السفلى من جسم الطلبة بالفتحة له ويكون الصمام ب مغلقا بضغط الهواء الجوى

فالمكبس يقسم جسم الطلبة الى قسمين يعملان عمل جسمي طلبة

١٤٩ - الآلة المفرغة الزئبقية - هي آلة معدة لعمل فراغ أشد مما تفعله الآلات الأخرى وهي تتركب (شكل ٩١) من أنبوبة بارومترية ت منقذة في جزئها العلوى تعمل عمل بارومتر خزانته البارومترية أ وتتصل هذه الأنبوبة بواسطة أنبوبة ثخينة من الصمغ المرن ب بمحوض ك مفتوح في الهواء والأنبوبة ت موضوعة مع ما جاورها من الأنايب وضعا ثابتا على لوحة وضعت وضعا رأسيا أما المحوض ك فيمكن الاتيان به بواسطة السلسلة ب ق التي تحركها الطارة ف الى الجزء أ و العلوى من الجهاز وذلك بإدارة الطارة

في اتجاه أو في آخر والحنفية ر التي تعمل التجويف أ هي حنفية ذات ثلاث طرق

(شكل ٩٢) تأخذ من العمل
وضعين مختلفين هما و ر فتي
كانت في الوضع و فانهما توصل
بين التجويف أ وبين الانابيب
التي تعلوه ومتى كانت في الوضع ر
فانهما تمنع هذا الاتصال وتجعله بين
التجويف أ والانبوبة الجانبية
المنتهية بالحوض ح الذي يملأ
زئبقا

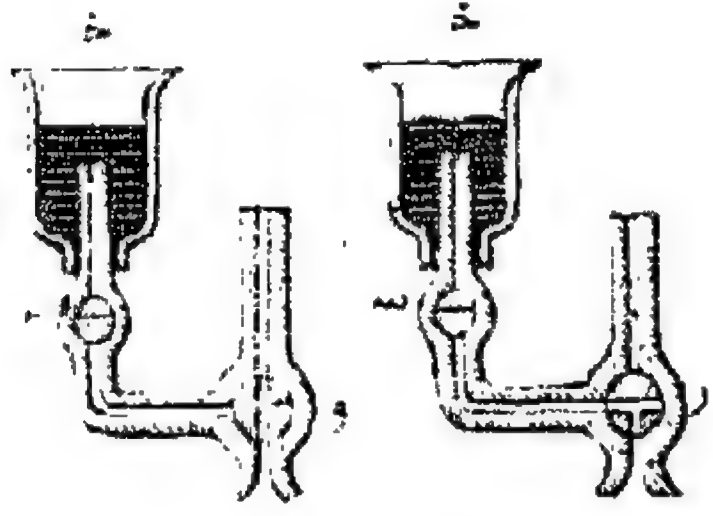


ش ٩١

وقبل استعمال الآلة في عمل الفراغ
يطرد ما يكون في الانبوبة
البارومترية من الزئبق بان توضع
الحنفية في الوضع ر ويجعل
الحوض ك في منتهى ارتفاعه
فيسيل الزئبق من ك الى أ
ويضغط الهواء ومتى حصلت
الموازنة في كتلة السائل فان الهواء
المضغوط بين سطح الزئبق والحنفية
س يكون في ضغط أكبر من ضغط
الجوّ فتفتح الحنفية س بلطف
فيخرج هذا الهواء الى الخارج
ماراً من الحوض ح وبذلك يكون
الزئبق الذي في الجزء ب أ قد

ملا التجويف أ بتمامه الى الحنفية س فتقف س وينزل الحوض الى منتهى انخفاضه
فيسيل الزئبق من أ الى ك فيحدث ذلك فراغاً بارومترياً في الجزء العلوي من أ وبذلك
تكون الآلة مستعدة للعمل بها

وفي العادة يبدأ بعمل الفراغ في الاجزاء المرادة لهذا العمل بالآلات المفرغة الاعتيادية ثم بعد ذلك توصل بالانبوبة كه وذلك للسرعة فقط ثم توضع الحنفية في الوضع و (شكل ٩٢) مع فتح



ش ٩٢

الحنفية كه فيمر جزء من غاز الجهاز في الخزانة البارومترية فيحدث هذا الغاز انخفاض الزئبق فاذا صار في حالة موازنة جعلت الحنفية في الوضع ر والخوض ك في منتهى ارتفاعه لينضغط الغاز الذي شغل التجويف ا ثم يطرد هذا الغاز بفتح الحنفية س

وبتكرير العمل هكذا وادخال جزء من غاز الجهاز في الآلة ثم طرده منها الى الهواء يتوصل الى جعل ضغط الغاز والجهاز ضعيفا جدا حتى أن البارومتر لا يدل الا على فرق قليل في سطح الزئبق في الفرعين

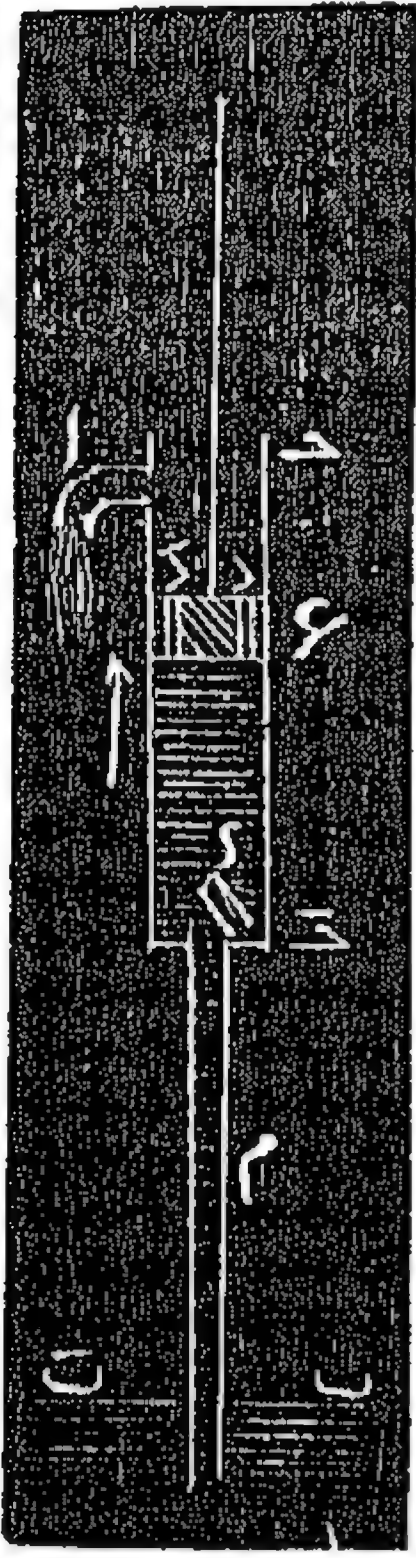
أما الخوض و الموضوع بين الآلة والاجهزة المراد عمل الفراغ فيها فيحتوى على جز الكبريتيك حتى لا يدخل في الجهاز الهواء جاف فيكون الجهاز جافا على الدوام والدورق د لا يستعمل الا نادرا فانه لا يستعمل الا واسطة عندما يكون الغاز المراد استخراج منه من الجهاز مؤثرا في الزئبق فعند ذلك يستعمل الدورق بأن يعمل فيه الفراغ ثم يوصل بالجهاز المراد تفريغه فيؤخذ جزء من غازه ثم يطرد هذا الغاز من الدورق بتيار من الهواء ويعمل فيه الفراغ ويوصل بالجهاز وهكذا

الطلبات

الطلبات مستعملة لرفع السوائل وهي ثلاثة أنواع ماصة وكابسة وماصة كابسة

١٥٠ - الطلبية الماصة - تتركب من جسم طلبية ح (شكل ٩٣) يتحرك فيه مكبس ع وله أنبوبة يسيل منها الماء ا وأنبوبة امتصاص م نازلة من جسم الطلبية الى مستودع الماء المراد رفعه ب ب وفي محل اتصال جسم الطلبية لهذه الانبوبة صمام ينفتح من أسفل الى أعلى د وهو قرص معدني مغلف بالجلد يتحرك حول مفصل وفي خلال المكبس نفسه صمامان د د ينفتحان أيضا من أسفل الى أعلى ويتسلط عادة على الساق المتصل بالمكبس رافعة بها سهل خفض المكبس ورفع

فإذا فرضنا ان الأنبوبة م موضوعة في مستودع الماء ومملوءة بالهواء والمكبس في منتهى



ش ٩٣

انخفاضه فإذا رفع هذا المكبس فإنه يحدث محله فراغا من أعلى الى أسفل فيضغط الهواء على الصمامين د د فيجعلهما مغلقين أما الصمام ز فإنه ينفتح بسبب ضغط الهواء عليه من أسفل لآعلى فينتشر جزء من هذا الهواء في جسم الطلمبة فتتقص قوة مرونته كلما ارتفع المكبس فيرتفع ماء المستودع في الأنبوبة الى أن يصير ضغطه على السطح ب ب وضغط ما يعلو من الهواء مساويا للضغط الجوي ولنفرض انه بوصول المكبس لآعلى ارتفاعه لا يكون الماء قد وصل للصمام ز فعندوقوف المكبس تكون موازنة قوة المرونة للهواء قد تمت وصارت في أعلى الصمام ك أسفله فينتسلسل سقوط قرصه بثقله فإذا أنزل المكبس فان ما انحصر من الهواء أسفله ينضغط فتزيد مرونته الى أن تصير أكثر من مرونة الهواء فينفتح الصمامان د د فيخرج جزء من الهواء المحصور الى الخارج زمن نزول المكبس

فإذا بلغ المكبس منتهى نزوله انغلق هذان الصمامان لتساوى الضغط أعلاه وأسفلهما وصارت الطلمبة كما كانت قبل غير أنه ارتفع في الأنبوبة الموضوعة فوق المستودع جزء من الماء وحل محل الهواء فإذا كبس المكبس مرة ثانية ارتفع هذا الماء أكثر مما ارتفعه في الحالة الاولى والثالثة أكثر من الثانية وهكذا الى أن يدخل في جسم الطلمبة وحينئذ يمر من الصمامين د د في كل خفضة للمكبس مقدار من الماء يساوى سعة جسم الطلمبة ويسيل من أنبوبة السيلان ويدخل جزء من الماء في جسم الطلمبة في كل مرة رفع فيها المكبس وهكذا

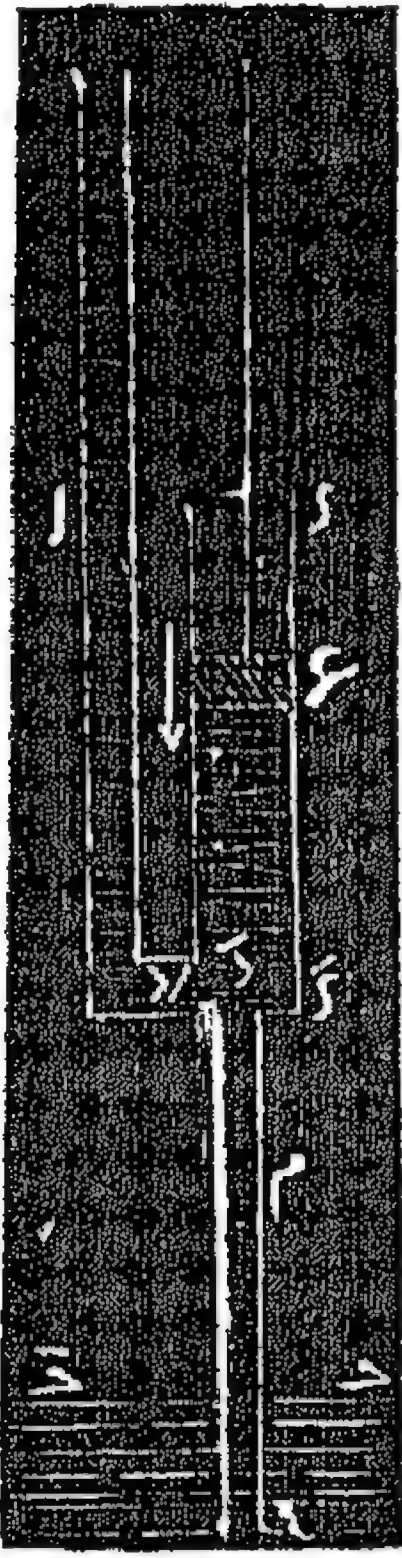
ولا ارتفاع السائل الى أنبوبة الفيضان يلزم نظريا أن لا يتعدى طول أنبوبة المستودع وجسم الطلمبة ١٠ امتار ولكن دل العمل على أنه لتسير الطلمبة سير انتظاما يجب أن لا يكون الطول أكثر من ٧ أو ٨ امتار وذلك اما لكون المكبس لا يصل الى آخر جسم الطلمبة أو لكون الصمامات لا تحكم الغلق فيدخل قليل من الهواء

١٥١ - الطلمبة الكابسة - في الطلمبة الكابسة جسم الطلمبة د د (شكل ٩٤)

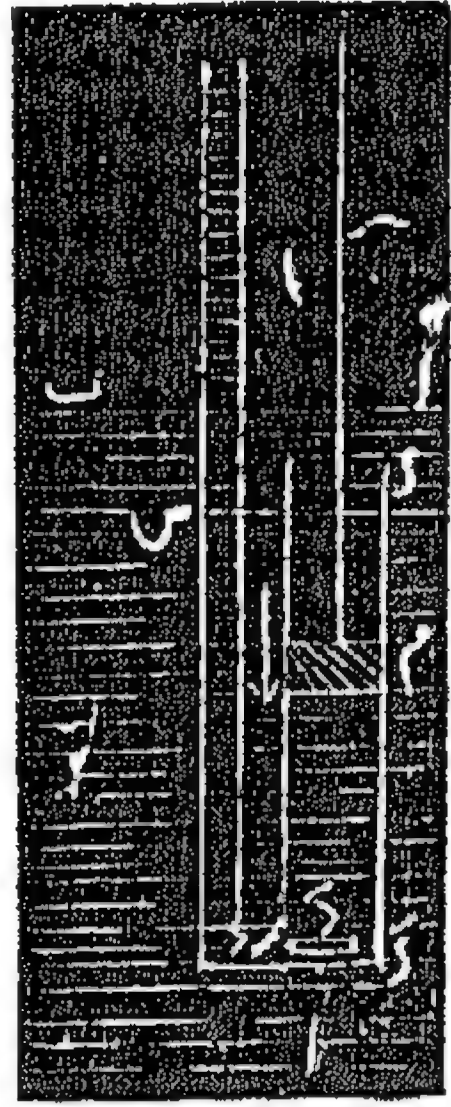
مغمور في ماء المستودع ويتصل جزؤه السفلي بأنبوبة الفيضان والمكبس م مكبس مصمت فإذا رفع حصل تحته فراغ فيفتح الماء بضغطه الصمام د د ويملاء جسم الطلمبة فإذا انخفض

المكبس

المكبس فان هذا الصمام يتغلق وينفتح الصمام د بالضغط الحاصل من الماء بالمكبس
فيدخل الماء في أنبوبة الفيضان ويرتفع فيها
ومتى وصل الى حافات الانبوبة وذلك بعد عدة
كبسات فانه يسيل منها في انخفاض المكبس
مقدار من الماء مساو لسعة جسم الطلمبة



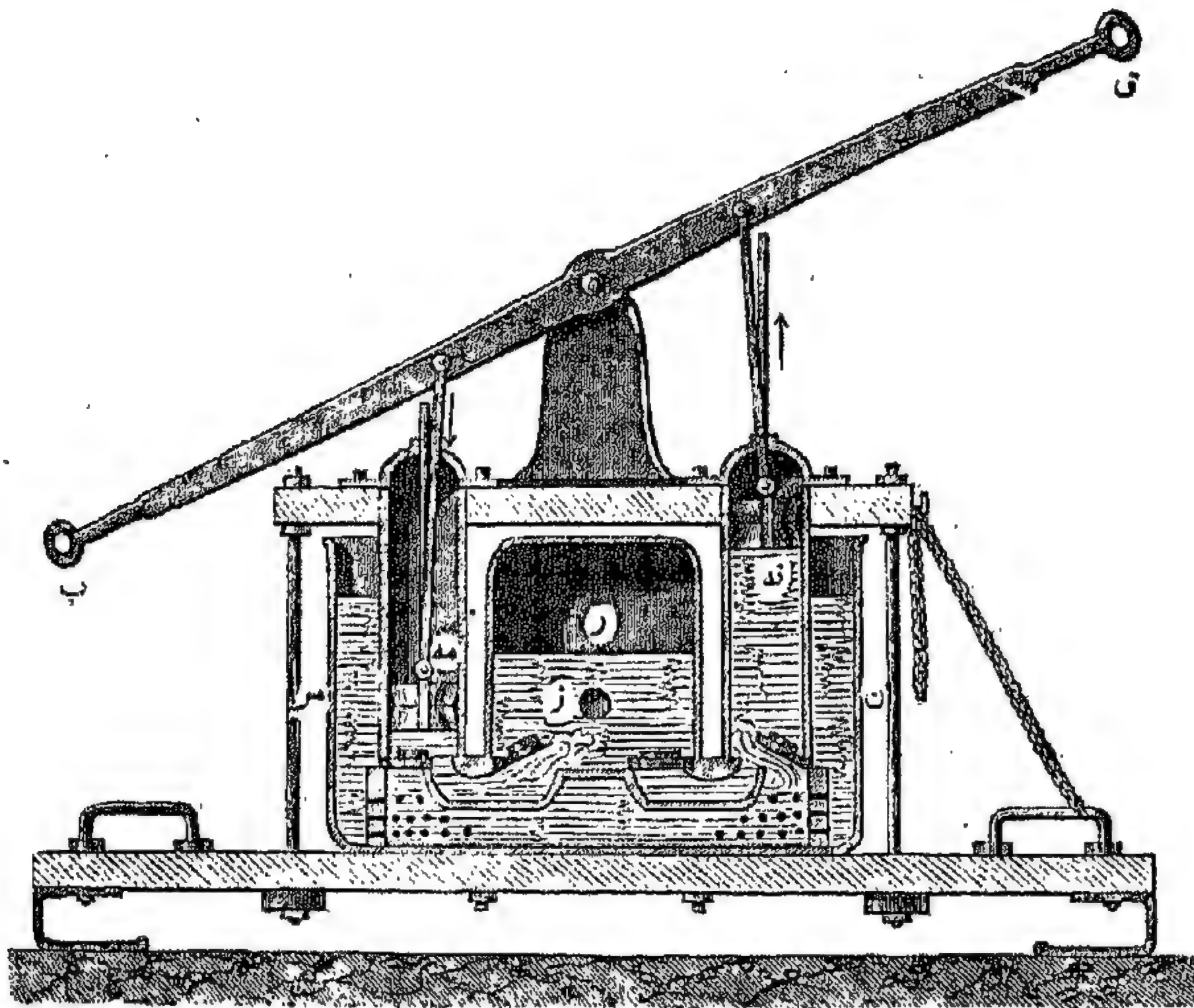
٩٠



ش ٩٤

١٥٣ - الطلمبة الماصة الكابسة - هي
المتحدة من الطلمبتين الماصة والكابسة فحجم
الطلمبة لها د د (شكل ٩٥) يمتلي بالمص
عند رفع المكبس ويندفع ما فيه من الماء
الى أنبوبة الفيضان ا بانخفاض المكبس
فالجهاز حينئذ يعمل مع التعاقب كطلمبة ماصة
ثم كابسة

١٥٣ - طلمبة الحريق - هي (شكل ٩٦) وهي كالآلة المفرغة الاعتيادية

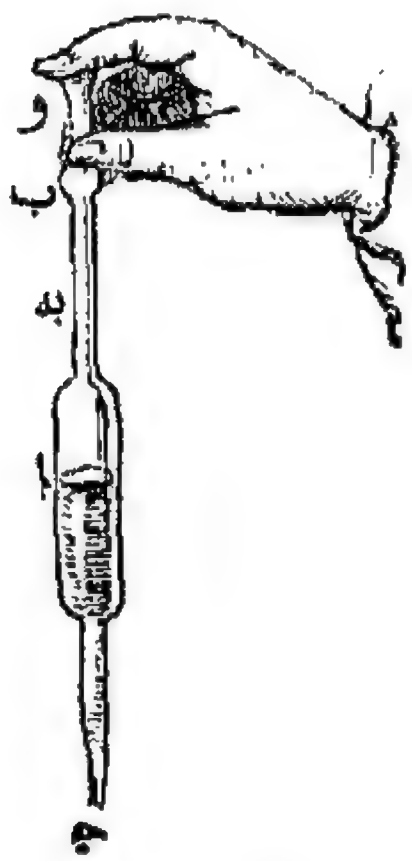


ش ٩٦

تتركب من جسمي طلمبة بعضهم ما يجانب بعض في حوض من الخشب من ن مملوء دائما
بالماء مدة تشغيلها والمكبسان م م و نه يتحركان بواسطة ذراعين يحركهما ثمانية رجال

وبامتصاص أحد المكسبين للماء من الصندوق فإن الآخر يقذفه الى مستودع ر وهو مستودع الهواء فينضغط هذا بقوة مروته يقذف الماء ويلزمه الخروج من الفتحة ز في أنبوبة مستطيلة من الجلد يوجه بها الماء الى النار وفي عمل هذا الهواء أيضا تنظيم خروج الماء فلا يخرج متقطعاً إلا ما يدخل في هذا المستودع من الماء أكثر مما يخرج منه فينضغط الهواء وتزيد مروته وهي تلزم الماء بالخروج في كل وقت حتى في لحظة وقوف الآلة التي بها تتغير حركة المكابس

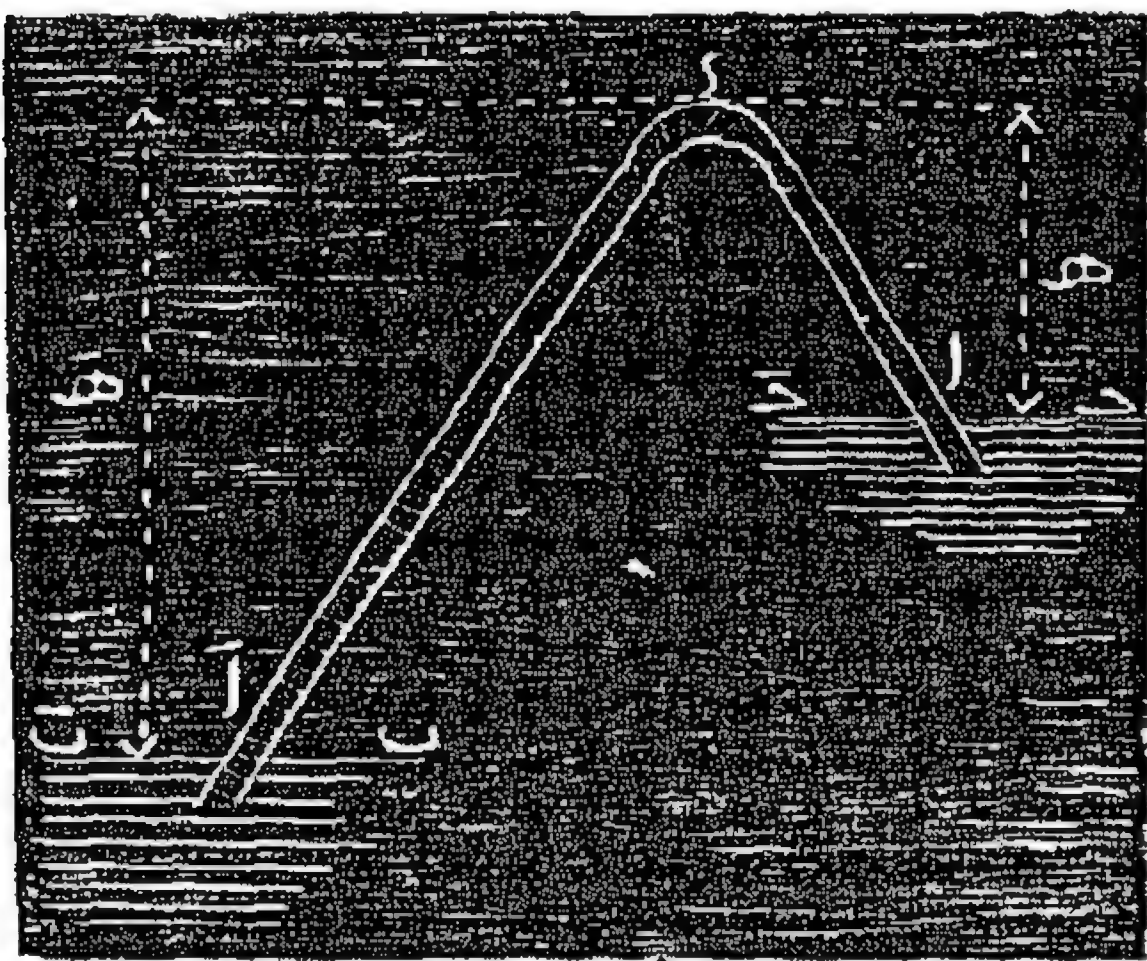
١٥٤ - البييت - هي أنبوبة (شكل ٩٧) ينقل بها السائل من مكان الى آخر



ش ٩٧

وقد تكون هذه الأنبوبة مدرجة ليكون نقل السائل بحجم معلوم فاذا غمر الطرف ح لهذه الأنبوبة في السائل المراد نقله ومص ما فيها من الهواء من الطرف الآخر و فان السائل يرتفع فيها بالنقص الضغط على سطحه فاذا وضع الاصبع على الفتحة التي استخلص منها الهواء ونزعت الأنبوبة عمودية عن السائل فإنه يبقى فيها بضغط الهواء عليهم من أسفل الى أعلى الى أن يرفع الاصبع فيدخل الهواء فيسيل السائل

١٥٥ - المص - هو أنبوبة منحنية (شكل ٩٨) تستعمل لنقل السوائل فيغير



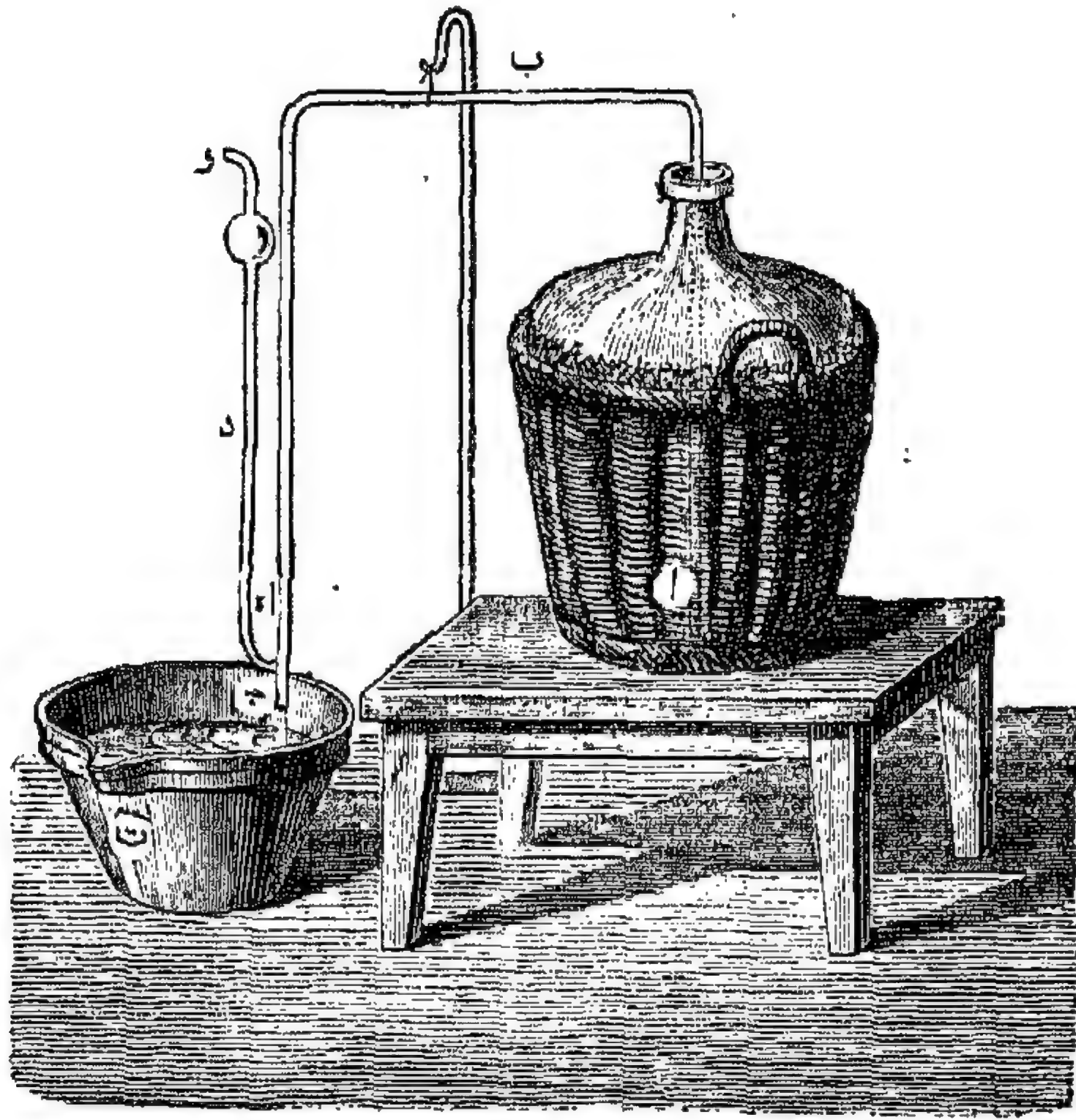
ش ٩٨

طرفها القصير في السائل المراد نقله ويمص الهواء من طرفها الطويل فتتلي بالسائل فاذا تركت وشأنها سال منها السائل مادامت فتحة السيلان منخفضة على سطح السائل في الاناء المنقول منه وبيان ذلك نبحت عن الضغط الحاصل في طرفي عمود السائل في أ و أ (شكل ٩٨) فنجد أن الطبقة أ من سطح السائل ح ح تحمل ضغطاً من أسفل لأعلى

هو ضغط الهواء الجوي ه ومن أعلى لأسفل هو ضغط عمود السائل الذي يعاوها وحيث ان نقطة د هي النقطة الأكثر ارتفاعاً يكون الضغط الحاصل على أ من أعلى لأسفل مساوياً لوزن عمود السائل طوله ه فيكون الضغط الحاصل في طبقة أ عبارة عن ه ه واتجاهه أ د وهو ينتقل في كتلة السائل بتمامه أيضاً

والطبقة

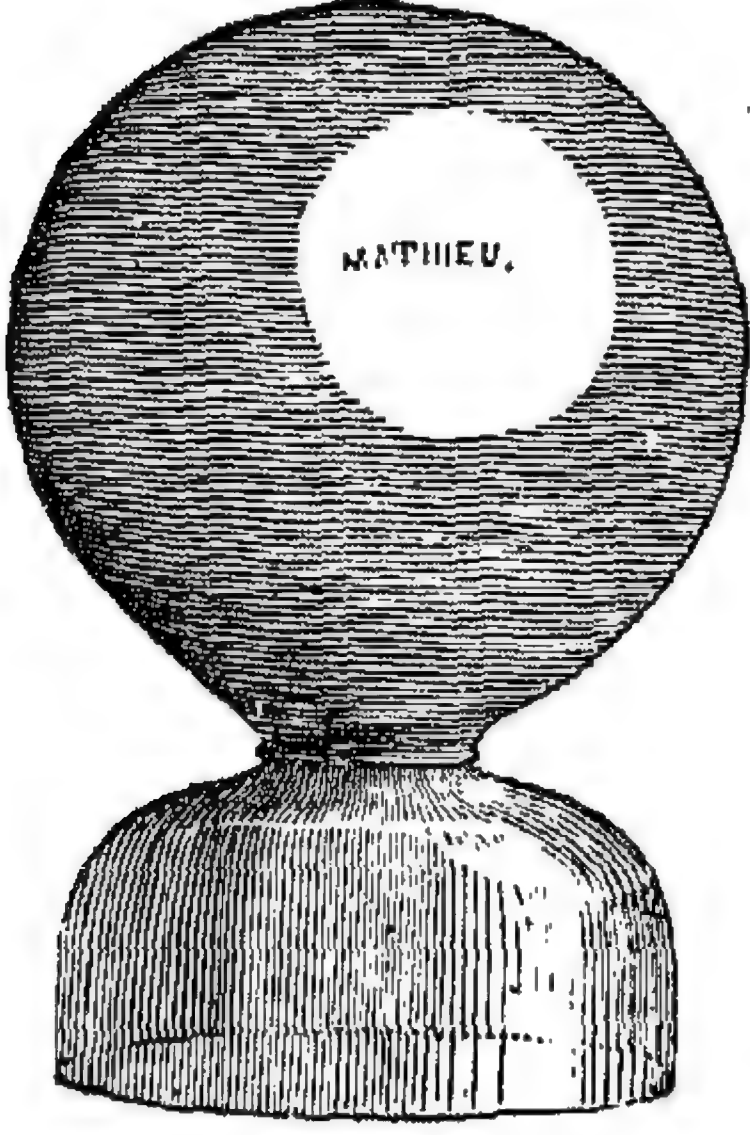
والطبقة أ تحمل ضغطاً من أسفل هو ضغط الهواء الجوى ه ومن أعلى لاسفل تحمل ضغطاً مساوياً للوزن ما يعلوه من السائل وطوله هـ ويكون حينئذ الضغط الحاصل عليها هو هـ هـ واتجاهه آ د وهذا الضغط ينتقل لجميع كتلة السائل الكائنة في المص أيضاً فهذه الكتلة إذن تحمل ضغطين غير متساويين وفي اتجاهين متضادين أحدهما هـ هـ في الاتجاه آ د والآخر هـ هـ في الاتجاه آ د فتتحرك في اتجاه أصغرهما وهو آ د بقوة مقدرة بعمود من السائل قطره المص ويساوى الفرق بين الضغطين هـ هـ وهـ هـ أى هـ هـ ولنقل السوائل بهذا المص يلاً أولاً بالسائل أو يغير طرفه القصير في السائل ثم يص بالقم من فتحة الطرف الطويل حتى إذا ملا ترك وشأنه كما ذكرنا هذا إذا كان لا تأثير للسائل على القم والاستعمل ممص يسمى بالمركب والاول يسمى بالبسيط فهذا فيه بالقرب من الفتحة جـ (شكل ٩٩) أنبوبة جانبية دو ولاستعماله يغير الفرع القصير في السائل ويص منه الهواء بالفتحة و بعد غلق الفتحة جـ بالاصبع فاذا بلغ السائل اه ترك المص وشأنه



ش ٩٩

١٥٦ - المحاجم - هي نواقيس من زجاج توضع على أجزاء من البدن بعد عمل الفراغ فيها كثيراً أو قليلاً فيحمر وينتفخ جزء الجلد الذي قل الضغط فوقه بسبب هروغ الدم وسوائل البنية اليه وتسمى هذه العملية بالجمامة ويقال لها جافة لعدم خروج دم من البنية فيها بخلاف

فما إذا فعل في هذا الجزء تشاريط قبل وضع الناقوس عليها فتنتفخ بعض الاوعية فيسيل الدم بكثرة وفي هذه الحالة يقال للحجامة رطبة



ش ١٠٠

وتخلخل الهواء في المحاجم يلهب فيها قليل من الورق أو يسخن على مصباح كؤلى فإذا امتلأ المحجم بالهواء الحار وضعت على الجزء المراد حجامة فتندقص مرونته بالتبريد وقد يكون بالمحجم أنبوبة يركب عليها طلبية يتخلخل بها الهواء ويسمى هذا المحجم بنى الطلبية والمرسوم (شكل ١٠٠) محجم بسيط في استعماله فهو قليل الارتفاع وفي جزئه العلوى أنبوبة يركب عليها كرة مجوقة سميك الجدران من الصمغ المرن وللعمل به تضغط بين الاصابع فيطردها فيها من الهواء وحينئذ توضع

على المكان المراد عمل الحجامة فيه ثم يضبط في هذا المكان ويمنع تحامل الاصابع عن كرة الصمغ المرن فيتخلل الهواء لكونه يشغل مسافة أوسع مما كان يشغلها

والحمد لله على التمام والصلاة والسلام

على من هو للانبياء ختام

وكان الفراغ من طبع هذا الجزء بالمطبعة الكبرى الاميرية في أوائل شعبان المعظم

سنة ١٣٠٥ هجرية

فهرسة كتاب مبادئ الطبيعة (جزء التناقل)

صفحة	صفحة
١٨ قياس القوى	خطبة الكتاب
١٨ الدينامومترات	المقالة الاولى
١٩ نسبة قوتين ثابتتين احدهما الى الاخرى	مقدمه
١٩ الكتلة	١ تعاريف
٢٠ الحركة	٢ القانون
٢٠ الحركة المنتظمة	٣ الدلالة على القوانين
٢٠ الحركة المتغيرة	٥ الطبيعة والحركة
٢١ الحركة المنتظمة التغير	٦ القوة وأنواعها
٢٣ الرافعة	المطلب الاول
٢٦ أنواع الروافع	تكوين المادة وحالات الاجسام
المقالة الثانية	٦ المادة
مقدمة	٨ حالات الاجسام
٢٧ طبيعة التناقل	المطلب الثاني
٢٨ كمية الحركة والعمل والقوة العاملة	في القوانين الاكثر عموما
المطلب الاول	١٠ قانون القصور الذاتي
ما يتعلق بالاجسام الصلبة	١٠ قانون حفظ المادة
الخواص العمومية للاجسام الصلبة	١٠ قانون مساواة الفعل لردّه
٢٩ التماسك والمرونة	١٠ القوة
٣١ المرونة	١١ عدم تعلق فعل القوة بحركة الجسم
٣٣ اتجاه التناقل	١١ استقلال القوى المؤثرة الخ
٣٤ محصلة قوة التناقل ووزن الجسم	١١ حفظ القوى وتكافؤها
٣٤ مركز الثقل	١٤ تركيب القوى المركزة في نقطة واحدة
	١٥ تركيب القوى المركزة في نقط مختلفة
	١٦ مركز القوى المتوازية

تابع فهرسة كتاب مبادئ الطبيعة (جزء التثاقل)

صفحة	صفحة
المطلب الثاني	٣٤ تعيين مركز الثقل
ما يتعلق بالاجسام السائلة	٣٥ موازنة الاجسام
الخواص العمومية للاجسام السائلة	٣٦ سقوط الاجسام في الفراغ
٦٣ حالة السيولة	٣٧ قوانين السرعة والمسافة
٦٣ قابلية السوائل للضغط	٣٧ السطح المائل
٦٥ مرونة السوائل	٣٩ تحقيق قانون سقوط الاجسام بآلة انود
٦٥ قاعدة بسكال أو قاعدة تساوى الضغط	٤١ جهاز مورن
٦٨ المعصرة المائية	٤٣ آلة بربوز
٦٩ ضغط السائل في حالة موازنة على جزء من جدار الاناء	٤٤ الحركة المنحنية
٦٩ ضغط السوائل على قعور الاواني	٤٤ القوة المركزية الطاردة
٧٠ تحقيق قاعدة الضغط الواقع على قعور الاواني عملا	٤٧ الميزان
٧٢ استواء سطح السائل في حالة الموازنة	٤٨ شروط ضبط الميزان
٧٢ موازنة السوائل في الاواني المستطرقة	٤٩ شروط حساسية الميزان
٧٣ قاعدة أرشميدس	٥١ تركيب الميزان الحساس
٧٥ الاجسام الطافية على السوائل	٥٣ الوزن المزدوج
٧٥ مركز الدفع والموازنة المستمرة	٥٣ البندول
٧٦ الوزن النوعي والكثافة	٥٤ قانون اهتزاز البندول
٧٨ طرق تعيين كثافة الاجسام الصلبة والسائلة	٥٥ البندول المركب
٧٨ طريقة الميزان المائي	٥٧ قياس شدة التثاقل
٧٨ طريقة الدورق	٥٧ استعمال البندول
٧٩ طريقة الاريومتر	٥٨ حركة جسم الانسان
٨٠ الاريومتر ذو الحجم الثابت والوزن المختلف	٦٠ تطبيق قانون البندول على المشى
	٦١ عمل مركز الثقل في المشى
	٦٢ معادلة قوانين المشى

تابع فهرس ————— كتاب مبادئ الطبيعة (جزء الثاقل)

صفحة	صفحة
٩٧ الاجسام القابلة للتبلور وغير القابلة له	٨٠ اريومتر نيكلسون
٩٧ نظرية الاندسموز	٨١ الاجسام الصلبة القابلة للذوبان في الماء
٩٨ دعوى (تروشيلي)	٨١ أريومتر (فرنهييت)
٩٨ المصروف والمعادلات	٨٢ الاريمتر ذو الوزن الثابت
٩٩ انقباض سلسول السائل	٨٢ أريومتر (بومييه)
٩٩ تأثير الاناييب في السيلان	٨٣ أريومتر (كارييه)
١٠٠ تأثير الاناييب المرنة في المصروف	٨٣ أريومتر (غياوسالك)
١٠٠ حركة السوائل في الاناييب	٨٤ مقياس الحجم
١٠١ حركة السوائل في الاناييب الشعرية	٨٥ مقياس الكثافة
١٠١ تركيب سلسول سائل	٨٦ منفعة الوزن النوعي طبيا
١٠١ الدورة الدموية	٨٧ تأثير الجزئيات
المطلب الثالث	٨٧ التوتر السطحي للسوائل
ما يتعلق بالاجسام الغازية	٨٨ التصاق الاجسام الصلبة بالسائلة
خواص الغازات	٨٩ الظواهر الشعرية
١٠٤ قابلية الغازات للانضغاط وحرورتها	٩٠ قانون ارتفاع السطوح الناتجة عن
١٠٥ قابلية الغاز للانتشار	التأثيرات الشعرية
١٠٥ تكون الغازات	٩١ ذوبان الاجسام الصلبة
١٠٥ تطبيق قاعدة بيسكال على الغازات	٩١ التشرب
١٠٥ وزن الغازات	٩٢ انتشار السوائل
١٠٥ ضغط الغازات	٩٣ انتشار السوائل من الحواف جزئات المسام
١٠٦ الوزن النوعي للغازات	٩٤ مكافئ الاندسموز
١٠٧ ما يفقده الجسم المغمور في الهواء من وزنه	٩٥ الدياليز
١٠٨ القباب الطيارة	٩٦ سرعة الاندسموز
١٠٩ مانعة السقوط	٩٦ انتشار سائلين تركيبهما وتركيزهما مختلفان من خلال الأغشية

تابع فهرس ————— كتاب مبادئ الطبيعة (جزء الثاقل)

صفحة	صفحة
١٢٨ المانومتر ذو الهواء المضغوط	١١٠ الهواء الجوي وضغطه
١٢٨ المانومتر المعدني	١١١ ثاقب المثانة ونصف الكرة (مجدد يورج)
الآلات المفرغة	١١١ تجربة (تورشيلي)
١٢٩ طلمبة اليد	١١٢ تجارب (بسكال) و (بريه)
١٢٩ الآلة المفرغة	١١٣ قياس ضغط الهواء
١٣٢ قانون تناقص المرونة باعتبار الآلة	١١٣ الضغط الحاصل على جسم الانسان
المفرغة محكمة	١١٤ البارومتر وأنواعه
١٣٣ المسافة المضرة	١١٦ بارومتر (فورتن)
١٣٣ تأثير دخول الهواء	١١٧ البارومتر المص
١٣٣ مزية وجود جسمي طلمبة	١١٨ البارومتر ذو وجه الساعة
١٣٣ مانومتر الآلة المفرغة	١١٨ البارومتر المعدني لبوردن
١٣٤ الآلة المفرغة لبيسانكي	١١٩ تعديل دلالات البارومتر
١٣٥ الآلة المفرغة الزئبقية	١٢١ قانون ماريوط
١٣٧ الطلمبات	١٢١ تحقيق قانون ماريوط والضغط
١٣٧ الطلمبة الماصة	أكبر من الضغط الجوي
١٣٨ الطلمبة الكابسة	١٢٢ تحقيق قانون (ماريوط) والضغط
١٣٩ الطلمبة الماصة الكابسة	أصغر من الضغط الجوي
١٣٩ طلمبة الحريق	١٢٣ دراسة محكمة لقانون ماريوط
١٤٠ البيميت	١٢٥ تطبيق قانون (ماريوط)
١٤٠ المص	١٢٦ تعيين حجم كتلة غازية والضغط عادي
١٤١ المحاجم	المانومتر
	١٣٧ المانومتر ذو الهواء المطلق



Bibliotheca Alexandrina



0573727